

AUGUSTO RIGHI

SULL'IPOTESI

DELLA

NATURA ELETTRICA

DELLA MATERIA

LEZIONE INAUGURALE

(XII APRILE MCMVII)

seguita dall'elenco delle pubblicazioni scientifiche dell'Autore

(1872 - 1907)



BOLOGNA

NICOLA ZANICHELLI

MCMVII

—
PROPRIETÀ LETTERARIA
—

Signori

Non è senza molta trepidazione che comincio questa, che, date le circostanze, non so se chiamare prolusione o conferenza, giacchè mi accadde raramente di avere come ascoltatori, oltre alla gioventù universitaria, tante altissime Autorità, dotti Colleghi ed amici diletti, alla benevolenza dei quali male corrisponderei, qualora il mio dire producesse in alcuni un senso di noia, o in altri uno di delusione. E se per evitare il primo di questi scogli, che è quello che più mi spaventa, dovrò astenermi da troppo astruse considerazioni, per non urtare nell'altro dovrei cercare di mettere in mostra tutto quel poco che di meglio penso e so, tanto più riflettendo, che non pochi dei colleghi presenti potrebbero prendere il mio posto a tutto vantaggio dell'uditorio.

Anche la scelta dell'argomento da trattare avrebbe prodotto in me qualche incertezza, se non avessi premurosamente accolto il suggerimento, che alcuni amici mi diedero, di esporre brevemente quelle moderne vedute sulla costituzione della materia e sulla causa dei fenomeni del mondo fisico, che da me furono svolte in un modesto libro di compilazione, che ha avuto un'insperata fortuna.

Questo argomento è così vasto, che potrò sfiorarlo appena, pur ricorrendo a qualche dimostrazione sperimentale per abbreviarne e renderne chiara, per quanto a me è possibile, l'esposizione.

L'ipotesi nuova circa la costituzione dei corpi, che ora tende a prevalere, potrebbe chiamarsi con ragione *ipotesi della natura elettrica della materia*. La semplice enunciazione di questo concetto sarebbe apparsa certamente una assurdità qualche anno addietro, mentre oggi è accolto con generale favore e promette di divenir fecondo.

Le ipotesi fondamentali nella scienza sono utili e necessarie.

L'uomo, messo in rapporto per mezzo dei suoi sensi col mondo esterno, è inevitabilmente condotto a formarsi una immagine mentale di quanto lo circonda. Sino a qual punto questa immagine corrisponda alla realtà, anzi se di una realtà possa neppur parlarsi, è questione puramente metafisica, per la cui soluzione discussioni e sforzi secolari riescirono inefficaci. La scienza sperimentale, almeno nel suo stadio attuale, deve procedere libera da dubbi di questa specie, e presupporre una esatta corrispondenza fra l'immagine mentale delle cose e la realtà di esse. Ogni scetticismo a priori sarebbe infatti un ostacolo al suo sviluppo e ai suoi progressi.

A questa immagine mentale del mondo si associa poco a poco, col crescere dell'età dell'individuo e col salire del livello intellettuale della razza, la constatazione di relazioni fra i fatti osservati, le quali inducono nella persuasione, che certuni di questi sono la necessaria conseguenza di altri che li hanno preceduti o li accompagnano. Ed allora sorge spontaneo ed invincibile, specialmente nelle menti più evolute, il desiderio di risalire alle cause prime, onde possibilmente essere in grado di prevedere sino ad un certo punto eventi futuri in base all'osservazione del passato e del presente; e siccome non fu ancora possibile, e forse non lo sarà mai, di trovare la ragione prima delle cose, così il pensatore cerca di intuire o d'indovinare quanto non gli è dato scoprire. Nascono così le ipotesi fondamentali, le quali, oltre che

rispondere ad un reale bisogno della mente, hanno un vantaggio pratico rilevantissimo, che da solo giustificherebbe la loro adozione, e cioè permettono di ordinare e raccogliere le nozioni sempre più numerose costituenti un corpo di scienza, metterne in luce le reciproche relazioni, agevolarne lo studio e la comprensione, guidare alla scoperta di nuove verità.

Una fra le ipotesi fondamentali da tempo adottata è quella della costituzione atomica della materia. Ideata e sostenuta già in antichi tempi questa ipotesi, antagonista dell'altra secondo la quale la materia sarebbe continua e cioè suddivisibile all'infinito, ha trovato una sicura base in innumerevoli fatti dopo l'avvento del metodo sperimentale; ed oggi, come sa ogni colta persona, qualunque corpo viene considerato come formato da minutissime ed invisibili particelle chiamate molecole. Tutte eguali fra loro quelle che costituiscono un determinato corpo, esse possono diversificare da quelle, fra loro identiche, che formano le compagine di un altro. La esistenza dei fatti d'ordine chimico impose poi di ammettere, che ogni molecola sia essa stessa costituita da particelle necessariamente ancor più piccole chiamate atomi, tali atomi essendo fra loro differenti se la molecola è quella di un corpo composto, o invece fra loro identici, se si tratta di un corpo chimicamente semplice.

I vari elementi chimici constano dunque di varie specie di atomi, i quali, riunendosi in numero diverso o in diverse maniere, costituiscono le molecole di tutti i corpi dell'universo.

L'ipotesi della struttura atomica della materia è già talmente appoggiata da fatti sicuri di ogni genere, che ormai viene considerata quasi come una verità dimostrata; tanto che si giudica utile l'approfondirla per quanto è possibile, sin anche a tentare, ciò che si è fatto con parziali successi, di valutare almeno in modo approssimativo

le grandezze molecolari, il numero di molecole contenuto in un dato volume d'un determinato corpo, nonchè i movimenti di cui sono animate, e la cui natura, almeno nel caso più semplice che è quello dai corpi aeriformi, può dirsi infatti completamente nota.

Per quanto grande sia il numero delle molecole costituenti un corpo, questo numero non è tale da far sì, che la struttura della materia sia molto lontana per finezza di dettaglio dalle strutture più complesse, che un buon microscopio rende visibili. Può ritenersi infatti, che la distanza fra due molecole contigue arrivi ad essere appena tre o quattrocento volte minore della minima grandezza lineare, che quel prezioso strumento ottico può ancora rendere visibile.

Le valutazioni più sicure sono quelle che si riferiscono ai gas, e in base ad esse possiamo figurarci un corpo aeriforme costituito nel modo seguente. Ogni centimetro cubo di esso, posto che sia nelle condizioni normali, e cioè alla temperatura del ghiaccio fondente e alla pressione di 76 centimetri, contiene un numero di molecole, che può scriversi facendo seguire alla cifra 4 sedici zeri. Ognuna di esse incontra in virtù del suo movimento traslatorio sei miliardi di altre molecole in ogni minuto secondo, mutando bruscamente ad ogni incontro, non solo la direzione del suo movimento, ma altresì la velocità da cui è animata. Negli intervalli fra le successive collisioni la molecola si muove in linea retta, e la sua velocità può avere valori differentissimi, ma in media è, per esempio nel caso dell'ossigeno o dell'azoto, assai vicina a 460 metri per minuto secondo, essendo tanto più rari i valori più grandi o più piccoli di questo, quanto più essi dal medesimo differiscono.

Naturalmente nel caso di un gas rarefatto gl'incontri fra le molecole avvengono a maggior intervallo di tempo, mentre sono di gran lunga più frequenti gl'incontri stessi nel caso dei liquidi. E poichè nei solidi non si osservano

generalmente in modo sensibile quei fenomeni di diffusione, che caratterizzano gli altri due stati fisici della materia, si deve ritenere, che in questi corpi i movimenti molecolari siano di natura vibratoria, tali cioè che ciascuna molecola non possa scostarsi che pochissimo da una propria posizione media. Le molecole d'un gas, oltre che urtarsi reciprocamente, producono poi un bombardamento delle pareti del recipiente in cui il gas è contenuto, che è la ragione della pressione manifestata dal gas medesimo. Gl'innumerevoli urti mantengono una certa uniformità di distribuzione delle velocità molecolari, e quindi l'uniformità di pressione, salvo che il gas non sia così rarefatto, che le dimensioni del recipiente diventino minori della lunghezza di percorso rettilineo concesso in media alle molecole fra un urto e l'altro. In questo caso può cessare di verificarsi l'uniformità di pressione, e nascono quei fenomeni, così bene messi in evidenza nel noto radiometro di Crookes, in cui la rotazione del piccolo molinello costituisce, può dirsi, la prova visibile dei moti molecolari.

Poichè le molecole sono sistemi di atomi, la posizione relativa di questi non può essere invariabile, non fosse altro che in seguito alle collisioni molecolari. Tutto anzi tende a stabilire, che ogni molecola sia un sistema di atomi in moto, rassomigliante in qualche modo ad un sistema solare, in cui appunto gli elementi costitutivi sono animati da veloci movimenti circoscritti.

L'energia di tutti questi moti invisibili costituisce il calore contenuto nei corpi. Come ognuno sa, l'antica ipotesi del fluido calorifico è stata da tempo debellata, non meno della ipotesi sorella, secondo cui la luce aveva come causa l'emissione d'un fluido speciale. Del resto l'identità di natura fra la radiazione calorifica e la radiazione luminosa, dimostrata da Macedonio Melloni, non permetterebbe di conservare separatamente una sola delle due ipotesi; le quali furono definitivamente

proscritte, la prima in seguito alle molteplici dimostrazioni sperimentali d'una costante equivalenza fra calore e energia meccanica, la seconda in seguito principalmente alle esperienze dell'immortale Fresnel, le quali misero al riparo da ogni possibile dubbio la natura vibratoria dei fenomeni luminosi.

Ma per avere un concetto sintetico dei fenomeni fisici non basta avere una idea abbastanza chiara della struttura della materia ponderabile, e della natura dei fenomeni calorifici e luminosi, i quali implicano l'esistenza di una sostanza speciale, cui fu dato il nome di *etere*, distinta dalla materia e sparsa ovunque, così negli immensi spazi celesti come negli spazi interatomici, nella quale si propagano le onde calorifiche e luminose. V'è una classe di fenomeni, che è forse la più interessante, quella dei fenomeni elettrici, comprendendo sotto questa denominazione anche i fenomeni del magnetismo, per render conto dei quali da Ampère in poi si sa che non è più necessario ricorrere ad uno speciale fluido magnetico, per la quale l'ipotesi fluidica non ha potuto ancora essere abbandonata. Per cui sino a pochi anni fa le entità fondamentali richieste a spiegare i fenomeni del mondo fisico sommavano a tre: la materia, l'etere ed il fluido elettrico, o semplicemente l'elettricità, come si preferiva dire onde evitare l'uso di un vocabolo in certo modo caduto in discredito.

I concetti nuovi desunti da ricerche, compiute negli ultimi dieci o dodici anni, benchè preparate da altre anteriori in campi apparentemente fra loro indipendenti, sono unificatori, in quanto che conducono ad ammettere l'esistenza d'un'unica entità fondamentale, l'etere. Essi dunque implicitamente comprendono quella unità di natura degli elementi chimici, che, una volta definitivamente ammessa, non ci permetterebbe più di considerare come una chimera quella trasmutazione degli

elementi chimici, che era tenacemente cercata dagli antichi alchimisti.

L'ipotesi del fluido elettrico ha subito a dir vero, specialmente per opera del grande Maxwell, che seppe dar forma precisa alle idee del Faraday, delle modificazioni sostanziali. La proprietà supposta al fluido elettrico d'agire a distanza, che fin dopo la metà del secolo scorso sembrava così naturale al maggior numero dei fisici, si considerò a ragione più tardi come assurda ed insostenibile; perciò i concetti del celebre fisico inglese, secondo cui le forze elettriche, esercitantesi apparentemente a distanza, sono invece la manifestazione di forze elastiche dell'etere, vennero accolte generalmente col massimo favore. Anzi, quando specialmente in grazia dei lavori sperimentali di Hertz e dei continuatori dell'opera da lui gloriosamente iniziata, rimase dimostrato, che le forze elettriche non si manifestano istantaneamente ad ogni distanza, ma si propagano con una velocità finita eguale a quella della luce, come appunto i concetti del Maxwell facevano prevedere, quando cioè restò dimostrato, col massimo grado di certezza che è umanamente possibile raggiungere, che le oscillazioni e le onde luminose e calorifiche altro non sono che oscillazioni e onde elettromagnetiche, il consenso dei fisici fu così generale, che certo oggi non si troverebbe chi osasse o sapesse gettare l'ombra del dubbio su una conquista così gloriosa della scienza.

I fatti nuovi, dei quali intendo occuparmi, valgono a specializzare la natura della elettricità, e a stabilire tali relazioni fra essa e la materia ponderabile, da rendere verosimile l'ipotesi, che fra non molto sarà certamente da tutti accettata, secondo la quale la materia stessa è di origine elettrica. Cosicchè, mentre si fecero in passato vani tentativi per giungere ad una spiegazione meccanica di tutti i fenomeni, compresi quelli elettrici, si è giunti invece oggi al risultato opposto, a dare cioè una spiegazione elettrica di essi e perfino della stessa materia.

Una stretta relazione fra materia ed elettricità è nota da lungo tempo, da quando cioè si scoprì e si comprese nella sua intima natura il fenomeno della elettrolisi, ossia la scomposizione subita da certi corpi, particolarmente le soluzioni saline, allorchè sono attraversati dalla corrente elettrica. A spiegare tali fenomeni la teoria elettrochimica s'impone. Secondo essa, allorchè una molecola d'un sale si scompone, essa si scinde semplicemente in due parti, chiamate *ioni*, aventi cariche elettriche opposte, e costituite ciascuna o da un semplice atomo o da un gruppo di atomi, i quali ultimi possono essere identici fra loro o eterogenei. Dalle leggi, che furono scoperte dal Faraday, alle quali obbedisce il fenomeno dell'elettrolisi, si ricava, che i due ioni provenienti da una molecola hanno cariche elettriche eguali e di segno contrario, e che tali cariche sono eguali in valor assoluto per tutti gli atomi o i ioni monovalenti, come sarebbero per esempio il cloro e l'idrogeno, eguali al doppio di questo valore pei ioni bivalenti, come ad esempio l'ossigeno, cioè per quei corpi il cui atomo richiede di combinarsi con due atomi monovalenti per formare un composto saturo, e così di seguito.

La corrente elettrica nella soluzione consiste nel trasporto graduale dei ioni delle due specie verso gli elettrodi di carica opposta. Di quei ioni ne esistono sempre nella soluzione, entro la quale avvengono continuamente scissioni di molecole e ricombinazioni di ioni di specie opposta, verosimilmente dovute ai reciproci incontri; la presenza degli elettrodi, cioè dei due conduttori comunicanti coi poli della sorgente elettrica, imprime loro una componente di velocità, che obbliga ciascuno ad accostarsi di più in più all'elettrodo di contrario segno.

Allorchè un ione giunge su uno degli elettrodi, egli cede a questo la sua carica elettrica, la quale penetrando così nel circuito metallico diviene parte costitutiva della corrente. Si ritiene oggi che quella carica, eguale per ogni

valenza chimica e che costituisce una unità di misura naturale dell'elettricità, si conservi intatta quando entra nel conduttore metallico, anzichè unirsi colle altre che seguono la stessa via, e con esse costituire un tutto continuo e cioè il così detto fluido elettrico. Si ritiene cioè che quella carica sia un'entità invariabile, come lo è ogni atomo d'un corpo qualunque, cioè una specie di *atomo elettrico*, a designare il quale si è oggi generalmente adottato il vocabolo di *elettrone*.

Ecco dunque che al posto dell'antico fluido elettrico continuo si pone oggi una sostanza, che seguiranno a chiamare elettricità, ma di costituzione atomica, cioè consistente in innumerevoli particelle tutte fra loro eguali, e delle quali occorre, per formare l'unità di misura chiamata *elettrostatica*, un numero, che è la terza parte di quello che si scrive facendo seguire dieci zeri all'unità.

Verosimilmente esistono elettroni negativi ed elettroni positivi; ma, come dirò fra poco, solo per i primi si è in questi ultimi anni acquistata la prova sicura della loro esistenza separata e indipendente; perciò quando si parla d'elettroni, si suol sottintendere di parlare solo di quelli negativi. L'eccedenza o la deficienza degli elettroni in un corpo darà luogo alla carica negativa o alla carica positiva del corpo stesso. Se questo è conduttore, gli elettroni avranno entro di esso una grande libertà di movimento. Anzi, data la tendenza degli atomi metallici a divenire ioni positivi nelle soluzioni saline, con che si rende manifesta la grande facilità a perdere uno o più dei loro elettroni, è sommamente probabile che nei metalli molti atomi siano mutati in ioni positivi, e che un gran numero di elettroni liberi si muovano negli spazi interatomici, come le molecole di un gas nel recipiente in cui è contenuto, con frequenti ricostituzioni d'atomi neutri per l'incontro fra elettroni e ioni, e separazioni di elettroni da altri atomi neutri. Si comprende allora come una forza elettrica agente su un tal sistema,

aggiunga al moto degli elettroni una componente di velocità nella direzione verso cui tende a spostarli, dando luogo così a ciò che si chiama la corrente elettrica.

I fatti dell'elettrolisi, come si è detto, sono noti da tempo; ma quantunque essi indicassero l'opportunità di supporre una struttura atomica alla elettricità, l'ipotesi degli elettroni venne introdotta nella scienza solo recentemente. La Fisica è invero una scienza già progredita ad altissimo grado, e nessuno oserebbe introdurre in essa una ipotesi, senza essere in grado di appoggiarla a prove così numerose e sicure, da farla apparire quasi come una verità dimostrata. Per esempio si adottò la teoria ondulatoria per la luce, solo quando fu constatato, che essa rendeva conto perfino numericamente di tutti i fenomeni conosciuti, e poteva farne prevedere dei nuovi, come accadde del fenomeno della rifrazione conica. Essa rimane salda ancora pur dopo avere subìta una intima modificazione formale, in quanto che le onde luminose anzichè ritenersi analoghe a quelle che propaga un corpo elastico, vengono oggi considerate come onde elettriche.

Le prove della esistenza degli elettroni vennero raccolte solo di recente e in seguito a ricerche, che pur riferendosi a campi affatto separati e distinti, hanno condotto a conseguenze meravigliosamente concordi.

Una sicura indicazione dell'esistenza degli elettroni, se non liberi, certo non congiunti ad una massa materiale di grandezza atomica, venne ricavata applicando i concetti teorici del Lorentz e del Larmor alla spiegazione d'una singolare esperienza realizzata nel 1896 da un giovane fisico olandese, il Zeeman. La teoria di Lorentz fu ideata per completare quella del Maxwell, la quale, mentre forniva una completa ed ammirabile spiegazione elettromagnetica di quasi tutti i fenomeni luminosi, non poteva render ragione di quelli, alla cui produzione, oltre che l'etere, nel cui seno si propagano le onde,

prende parte certamente in un modo o in un altro anche la materia ponderabile. Ecco quale ne è il concetto fondamentale. Ritenuto che le molecole di tutti i corpi siano costituite da ioni delle due specie, diviene logico il supporre, che il legame fra l'etere e la materia sia costituito dalle cariche elettriche di questi ioni, le quali vibrando genereranno le onde, o impossessandosi per una specie di risonanza dell'energia delle onde stesse, daranno luogo al fenomeno dell'assorbimento. Partendo da quest'idea il Lorentz riconobbe, che si arriva a completare la teoria elettromagnetica della luce in perfetto accordo coi fatti, qualora si ammetta però che solo le cariche d'un dato segno, e non quelle di segno opposto, prendano parte ai fenomeni.

Ciò premesso, non appena Lorentz conobbe il fenomeno scoperto dal suo allievo, ne diede colla sua teoria la spiegazione non solo, ma con essa prevede certe modalità, che alle prime esperienze non si erano constatate, e che poi vennero fedelmente confermate. Infatti, ciò che dapprima osservò Zeeman non fu altro che un allargamento, che del resto altri aveva precedentemente intravvisto, delle righe nello spettro della luce emessa da un gas, quando questo è posto fra i poli di una potente calamita.

È noto, che quando si scompone col prisma o con altri strumenti la luce emessa da un corpo, si ottiene lo spettro, e cioè un'immagine costituita da tante immagini della stretta fessura, da cui si fa uscire la luce da analizarsi, poste l'una a fianco dell'altra e corrispondenti alle luci semplici di differente periodo vibratorio e quindi di diverso colore. Se il corpo è solido o liquido, generalmente emette tutte le luci visibili e lo spettro diventa una striscia continua coi noti colori; se è un gas, lo spettro si riduce ad una o più righe separate, in quanto che esso genera solo certe luci e non quelle intermedie, come uno strumento musicale a suoni

fissi può produrre certe note e non quelle d'altezza intermedia.

La prima esperienza di Zeeman mostrò dunque un allargamento delle righe del gas prodotto dalla forza magnetica; ma il Lorentz colla sua teoria prevede, che doveva trattarsi invece d'altra cosa, e precisamente che ogni riga doveva essere sostituita da due o da tre righe nuove, a seconda dei casi, la cui luce doveva inoltre essere polarizzata in una determinata maniera, e cioè mostrarsi prodotta da vibrazioni di forma circolare, nel caso dello sdoppiamento, e da vibrazioni rettilinee di determinate orientazioni nell'altro caso. Ebbene, ricorrendo a più potenti e perfezionati mezzi sperimentali, il Zeeman potè confermare completamente quelle previsioni.

Per dare una qualche idea più concreta intorno a questo interessantissimo soggetto, almeno considerandolo nel caso particolare più semplice, che è quello in cui la luce emessa dal gas si propaga nella direzione della forza magnetica, trarrò profitto d'una equivalenza cinematica abbastanza conosciuta, quella cioè secondo la quale è lecito considerare una vibrazione pendolare, acustica o luminosa che sia, come la risultante di due vibrazioni circolari inverse, cioè una *destrogiro* (che si compie nel verso stesso del moto degli indici nell'orologio) e l'altra *levogiro*. Ammettiamo dunque di sostituire a ciascuna delle vibrazioni luminose, che generano una determinata riga nello spettro del gas, le due vibrazioni circolari che gli sono equivalenti, e consideriamone una. Essa, secondo l'ipotesi adottata, altro non sarà che il moto circolare di una particella elettrizzata intorno ad una posizione verso cui è attratta. Se la forza magnetica entra in azione, alla forza che tende a condurre la particella verso il centro della sua orbita si aggiunge o si sottrae la forza elettromagnetica, la quale, dovendo essere, come risulta da note leggi, in pari tempo perpendicolare alla forza magnetica e alla velocità della particella, avrà

appunto la direzione passante per la suddetta posizione di equilibrio. Ne conseguirà una diminuzione o un aumento del periodo vibratorio, cioè del tempo impiegato dalla particella a percorrere la sua traiettoria. Se si considera l'altra vibrazione circolare componente, essa naturalmente subirà una modificazione contraria; perciò alla luce primitiva avente un determinato periodo, e perciò concentrata in una determinata riga dello spettro, per l'azione del magnetismo sul gas si sostituiscono due luci nuove, una di periodo un poco minore, l'altra di periodo un poco maggiore, del periodo primitivo, le quali dovranno formare nello spettro due righe al posto della unica primitiva. Inoltre la luce in ciascuna di esse non sarà più dovuta a vibrazioni qualunque, ma a vibrazioni circolari di verso opposto.

Tali furono le previsioni dedotte da Lorentz dalla propria teoria pel caso particolare preso da noi in esame, e tali furono i risultati che subito dopo il Zeeman potè verificare con precisione.

Disgraziatamente non è possibile mostrare ad un uditorio numeroso l'interessantissima esperienza di Zeeman; ma si può dimostrare l'esistenza del fenomeno in modo indiretto, o per meglio dire è possibile mostrare un effetto dovuto ad un fenomeno analogo a quello di Zeeman, ma relativo all'assorbimento anzichè all'emissione della luce per parte del gas.

È nota la legge sperimentale secondo cui un gas posto sul cammino della luce bianca assorbe, fra tutte le luci semplici che la compongono, precisamente quelle che esso è capace d'emettere, ragione per cui se si osserva lo spettro completo e continuo, cioè costituito da tutte le luci semplici dei diversi colori, che si ottiene colla detta luce bianca, non appena sul suo cammino si pone il gas, sorgono nello spettro delle righe oscure, precisamente nei luoghi che occuperebbero le righe luminose nello spettro della luce emessa dal gas. Questa legge della

eguaglianza fra l'assorbimento e l'emissione resta valida anche quando il gas è esposto all'azione del magnetismo, e perciò si può dire, considerando anche ora il caso della luce che si propaga nella direzione della forza magnetica, che quando questa agisce sopra un gas attraversato da luce bianca, ogni riga nera dello spettro viene sostituita da due righe nuove. Queste non saranno però assolutamente prive di luce, giacchè ciascuna è dovuta all'assorbimento di una sola delle due vibrazioni circolari, in cui può scomporsi la vibrazione luminosa considerata, mentre resta la componente circolare di senso contrario.

Ciò posto si supponga di eseguire la esperienza descritta con luce polarizzata, cioè con luce tale, che le vibrazioni, sempre trasversali, che la producono, abbiano una determinata orientazione, per esempio siano sempre verticali. L'Ottica insegna tanti modi di produrre una tal luce, per esempio l'uso di un certo cristallo composto di due pezzi, che si chiama prisma di Nicol, o semplicemente *un nicol*. Questo nicol lascia passare infatti soltanto vibrazioni aventi rispetto ad esso una certa orientazione; per cui se la luce che ha attraversato il detto nicol, poi il gas posto fra i poli di questa grande elettrocalamita che sta davanti a me, incontra un secondo nicol sul suo cammino, si potrà sempre, come sto appunto facendo, girare quest'ultimo in modo da estinguere ogni luce, come accade appunto in questo momento. In questo istante l'elettrocalamita è come non esistente, perchè il filo con cui è formata non è percorso da nessuna corrente; ma se la eccito, come faccio appunto adesso, con una corrente intensa, mentre fra i suoi poli è collocata una fiamma ricchissima di sodio (giacchè è questo il corpo gassoso col quale eseguisco l'esperienza), ecco che appare sul diaframma un brillante disco di luce gialla. Si noti, che comunque io giri adesso il secondo nicol, non è più possibile estinguere la luce, ciò che esclude il dubbio che si tratti semplicemente d'altro fenomeno noto,

quello detto fenomeno di Faraday, cioè della rotazione magnetica delle vibrazioni.

L'esperienza che ho mostrato si spiega assai facilmente. Poichè ad ogni riga nera nello spettro d'assorbimento del gas resta sostituito un sistema di due righe d'assorbimento parziale, quando agisce la forza magnetica, in ciascuna delle quali rimane una vibrazione circolare, così accade, che queste non possono essere estinte dal secondo nicol. Infatti ognuna di esse può scomporsi in due vibrazioni rettilinee fra loro perpendicolari, una delle quali è estinta mentre l'altra è liberamente trasmessa.

In realtà il fenomeno che ho mostrato è generalmente meno semplice di quanto lascia credere il ragionamento precedente, che è precisamente quello che feci quando ideai quella esperienza. Infatti, quando la densità del gas non è piccolissima, e quindi quando la grossezza delle righe del suo spettro non sia infinitamente piccola, si constatò la produzione del fenomeno di Faraday insieme a quello da me previsto. Ciò non di meno l'esperienza descritta mi servì a scoprire, che il fenomeno di Zeeman si produce coll'ipoazotide e con altri gas colorati, come direttamente verificai più tardi.

Ma l'importanza delle esperienze di Zeeman risiede soprattutto in quanto sto per dire. Confrontando i risultati colla relativa interpretazione teorica, si trassero queste due conseguenze, e cioè, che le cariche vibranti devono essere precisamente quelle negative, e che supposto che tali cariche siano eguali a quelle spettanti ad ogni valenza ionica, la massa materiale congiunta a ciascuna di esse non è paragonabile a quella d'un atomo, ma assai minore, e precisamente meno di un millesimo di quella di un atomo di idrogeno, che è il più leggero di tutti gli atomi conosciuti. Come si dirà fra poco, queste particelle di piccolissima massa cariche negativamente non sono altro che gli elettroni.

Non bastò però neppure questo notevole risultato per far adottare le nuove vedute; si richiesero ancor più valide prove, perchè l'esistenza degli elettroni venisse proclamata. Tali prove vennero desunte soprattutto dallo studio delle scariche elettriche nei gas rarefatti.

I gas possono trasmettere la scarica o la corrente elettrica. Da molto tempo si formulò l'ipotesi, che essi divengano conduttori alla guisa delle soluzioni, e cioè per la presenza di ioni delle due specie; ma questo modo di vedere, oggi da tutti accettato, non venne dapprima ammesso che da pochi in causa forse della circostanza, che non si sapeva dire perchè mai in un gas chimicamente semplice potessero esservi atomi con carica negativa ed altri con carica positiva, quantunque tutti di egual natura. Oggi, ammessa la teoria elettronica, la ionizzazione dei gas è considerata come un fatto reale, e si suppone che essa si produca nel modo seguente. Se da un atomo si separa un elettrone, esso diviene un ione positivo; se l'elettrone rimasto libero si unisce ad altro atomo, questo diventa un ione negativo; e non v'è a sorprendersi se entrambi questi opposti eventi possano accadere, giacchè qualunque siano le cause ionizzatrici il prodursi dell'uno o dell'altro dipenderà dalle condizioni speciali di luogo e di movimento, in cui ogni atomo momentaneamente si trova.

Colla teoria della ionizzazione o *dissociazione elettrica* dei gas si è giunti già a dare una spiegazione soddisfacente dei fenomeni di scarica più salienti, particolarmente poi delle scariche nei gas a bassissima pressione, ove, contrariamente forse alle apparenze, il fenomeno assume una relativa semplicità.

In ogni caso si ha ragione di credere, che ove i ioni, e (nel caso dei gas molto rarefatti) gli elettroni, animati dalle velocità loro impresse dalla forza elettrica, producono la ionizzazione delle molecole col loro urto, si ha lo sviluppo di luce, coi periodi vibratorii caratteristici degli atomi o dei ioni di cui si tratta.

Tale ionizzazione per urto avviene, nel caso di un gas molto rarefatto, in certe regioni e non in altre, ciò che permette appunto di meglio comprendere le varie particolarità delle scariche in questo caso.

Tutti conoscono le scintille elettriche, siano esse quelle di qualche decimetro di lunghezza, che producono i nostri apparecchi, siano quelle lunghe qualche chilometro, che solcano l'atmosfera durante i più violenti temporali. Se la scintilla viene prodotta in un gas di più in più rarefatto, essa va man mano mutando d'aspetto, sinchè, raggiunta la massima possibile rarefazione, dà origine a fenomeni nuovi del massimo interesse.

Il primo effetto della rarefazione è quello di rendere, a parità di altre condizioni, la scintilla meno rumorosa e più pallida, e in compenso più grossa e sopra tutto più lunga. Così mediante una macchina elettrica, con cui nell'aria all'ordinaria pressione si possono ottenere scintille di circa 35 c. di lunghezza, posso ottenere, preparando l'esperienza nel modo opportuno, la scintilla di quasi quattro metri di lunghezza che ora si produce ripetutamente in questo lungo tubo, nel quale la pressione dell'aria è di qualche centimetro di mercurio soltanto.

Se si seguita a diminuire la pressione dell'aria, si osservano modificazioni più interessanti, che questa serie di tubi, nei quali si trova aria di più in più rarefatta passando per ordine dall'uno all'altro, mostra ora in modo evidente, ma che posso riprodurre successivamente in quest'altro tubo unico diminuendo in esso rapidamente la pressione dell'aria che vi è contenuta, coll'immergere l'annesso serbatoio laterale pieno di carbone vegetale in un recipiente pieno d'aria liquida, che ho preparata prima della lezione. Ecco che dapprima presso l'elettrodo negativo si forma un'interruzione nella luminosità della scarica, che chiamasi lo spazio oscuro di Faraday, cosicchè la luminosità stessa consta ora di due porzioni distinte, la luce negativa presso il *catodo* o elettrodo negativo, che è violacea, e la colonna positiva, che è

rossa, e che si estende dall'*anodo* o elettrodo positivo sino allo spazio oscuro. Al progredire della rarefazione crescono d'estensione la luce negativa e lo spazio oscuro, a scapito della luce positiva, la quale finisce collo sparire. In pari tempo, come ognun vede, la luce negativa è andata separandosi in due porzioni divise da un intervallo meno luminoso, che è lo *spazio oscuro del catodo*. Continuandosi la rarefazione la luce negativa seguita ad estendersi verso l'anodo, ma, come si vede, essa in pari tempo perde di splendore. Ed intanto comincia a manifestarsi un fenomeno nuovo; la parete del tubo splende in modo di più in più brillante d'una magnifica luce verde, come se il catodo fosse una sorgente luminosa. Anzi se, come sto per fare, scuotendo leggermente il tubo faccio avanzare un cannello di vetro, a questo scopo introdotto in un ramo laterale del tubo stesso, in modo che venga ad interporsi fra il catodo e la parete opposta, subito compare su questa un'ombra del cannello, il quale dunque si comporta come farebbe un corpo opaco rispetto ai supposti raggi, ai quali si deve la fosforescenza del vetro. Ecco i famosi raggi catodici, i quali, dopo aver fornito argomento ad innumerevoli ricerche da parte dei fisici d'ogni paese, hanno finalmente dato la chiave di molti misteri.

Non posso indugiarmi a spiegare come l'ipotesi degli elettroni permetta di rendere conto delle successive modificazioni che offre la scarica, man mano si diminuisce la pressione del gas; la ristrettezza del tempo concessomi mi consiglia a toccare solo i punti essenziali del soggetto, e quindi a considerare adesso soltanto l'ultimo fenomeno, che può chiamarsi *dell'ombra elettrica*.

La forma dell'ombra ed il luogo da essa occupato mostrano, che i supposti raggi sono rettilinei e partono dal catodo perpendicolarmente o quasi alla sua superficie.

I raggi catodici producono effetti svariatissimi; così essi ionizzano il gas che attraversano, rendono luminosi

molti corpi quando li colpiscono (come si è visto accadere del vetro), e in ogni caso li riscaldano. In pari tempo i corpi colpiti divengono sorgente di nuovi raggi, e cioè i raggi X scoperti dal Röntgen, le cui utili applicazioni sono a tutti conosciute.

Ma altre loro proprietà devono attirare la nostra attenzione e particolarmente le tre seguenti. Il corpo colpito dai raggi catodici si elettrizza negativamente; passando presso corpi elettrizzati essi deviano, e altrettanto succede se ad essi si avvicina una calamita. Ecco un tubo con cui posso mostrare facilmente questi ultimi due fenomeni, che sono di fondamentale importanza. I raggi catodici entro questo tubo, che è il noto tubo di Braun, sono limitati da un diaframma avente un piccolo foro, e perciò formano sul disco forforescente, che essi colpiscono e che occupa il fondo largo del tubo, una piccola macchia luminosa, i cui spostamenti ci riveleranno le modificazioni subite dai raggi. Carico le due lastre metalliche parallele, fra le quali entro il tubo passano i raggi, una positivamente l'altra negativamente, collegandole per mezzo di due fili ai poli di una batteria di piccoli accumulatori, ed ecco che la macchia luminosa si sposta verso la lastra positiva, per cui invertendo più volte con un commutatore le cariche delle lastre posso spostarla alternativamente in un senso o nell'altro. Ecco ora altri spostamenti, che produco muovendo presso il tubo questa sbarra calamitata. Ebbene, per esprimere questi risultati in poche parole dirò, che tutto accade come se i raggi catodici altro non fossero che uno sciame di particelle elettrizzate negativamente lanciate fuori dal catodo con grande velocità.

Questa infatti fu l'idea che se ne formò il Crookes, al quale tanto si deve in questo campo di studio; ma pochi, fra i quali io stesso, restarono fedeli a quel concetto, quando Hertz ed altri fisici tedeschi, ne sostennero uno differente, secondo il quale i raggi catodici sarebbero

fenomeni aventi sede nell'etere e analoghi alle vere onde luminose. Sono stati appunto gli ultimi fatti da me richiamati, che hanno finito per far trionfare finalmente il concetto di Crookes, quantunque modificato per ciò che riguarda la natura delle particelle negative in moto.

Non si poteva sperare di arrivare a conoscere la natura di queste, che studiandone il comportamento elettrico e meccanico, cioè cercando di determinarne la massa, e la velocità da cui sono animate, e misurando la carica elettrica che ciascuna trasporta. Queste ricerche, che sono di quelle che fanno epoca nella scienza, furono compiute da vari fisici, ma prima che dagli altri e con genialissimi metodi del Thomson di Cambridge. Non m'accingerò a spiegare in dettaglio i metodi impiegati, che furono molti e diversi, ma dirò quali furono i risultati a cui concordemente condussero.

Ogni particella lanciata dal catodo ha una carica sensibilmente eguale a quella spettante ad ogni valenza elettrolitica; la sua massa non è di grandezza atomica, ma assai minore, e, cosa notevolissima, si trova per questa massa un valore quasi coincidente con quello, che può desumersi dallo studio del fenomeno di Zeeman; la velocità delle particelle, pur essendo grandissima, è sempre inferiore a quella della luce, alla quale velocità avrebbe dovuto invece risultare uguale, se i raggi catodici fossero un fenomeno ondulatorio propagantesi nell'etere.

Infine questi risultati si mostrarono indipendenti dalla natura del gas contenuto nel tubo, come da quella degli elettrodi.

E così rimase dimostrata con mezzi puramente fisici l'esistenza di particelle, di gran lunga più piccole del più piccolo degli atomi conosciuti, e che scaturiscono, sempre identiche a sè stesse, da ogni corpo che funzioni da catodo entro un qualunque gas rarefatto. Chi non sarebbe disposto a vedere in queste particelle minime il supposto costituente primordiale di tutti gli atomi chimici?

Pel momento però non risponderò a questa domanda, giacchè quelle particelle sono considerate, non come particelle di materia, ma come particelle d'elettricità; esse sono cioè i nostri elettroni.

Qualcuno in questo istante osserverà, che con ciò si viene ad attribuire all'elettricità una delle proprietà della materia ponderabile, e cioè l'inerzia. L'osservazione è giustissima, ma non nel senso nel quale vien fatto di comprenderla a prima giunta.

Per chiarire questo punto richiamerò un ben noto fenomeno elettrico, quello dell'autoinduzione, e lo descriverò nei termini voluti dalla teoria elettronica. Una corrente elettrica percorra un filo rettilineo, o in altre parole, degli elettroni scorrano con una certa velocità entro il filo medesimo. Si forma intorno a questo un campo magnetico, di cui una classica esperienza fatta con limatura di ferro può rivelare la natura, mostrando che le linee di forza magnetica sono circolari col centro sul filo e col piano a questo perpendicolare. Si supponga di aumentare d'un tratto la velocità degli elettroni, ciò che significa aumentare bruscamente l'intensità di quella corrente. Immediatamente cresce l'intensità della forza magnetica intorno al filo, ciò che ha per risultato la produzione nel filo stesso dell'extracorrente, cioè d'una corrente indotta di direzione opposta a quella della corrente preesistente, e che quindi da essa si sottrae. In altre parole il brusco aumento di velocità degli elettroni nel filo ha per conseguenza la produzione d'un ostacolo, che tende ad opporsi all'aumento medesimo. Ciò ha luogo anche se invece d'una corrente d'elettroni si tratta d'un unico elettrone, quando si cerca di aumentare bruscamente la velocità del suo moto. Un tale aumento non può ottenersi quindi che spendendo una certa energia, precisamente come quando si tratta d'aumentare la velocità d'un corpo qualunque. Similmente si arriva a riconoscere, che occorre sottrarre energia ad un

elettrone per poterne diminuire la velocità. Pel corpo materiale questi fatti si esprimono dicendo, che esso possiede la proprietà della inerzia; si può quindi asserire, che anche una semplice carica elettrica in moto mostra una certa inerzia, o se si vuole si comporta come se possedesse una massa materiale, massa che può dirsi non reale (sè tale si considera quella della materia) ma apparente o simulata.

Nasce quindi spontanea l'idea, che la massa degli atomi materiali sia appunto della stessa natura di quella di un elettrone, ed anzi che essi altro non siano che sistemi di elettroni. Questi elettroni, particelle minutissime costituenti l'elettricità, possono dunque considerarsi come gli elementi primordiali, di cui gli atomi di tutti i corpi risultano formati, cosicchè si ha una risposta affermativa alla domanda testè fatta. Per tal modo si può dire, che oltre all'etere altro non esiste a costituir l'universo, che un numero sterminato di elettroni, aventi come attributo caratteristico la proprietà di attrarsi o respingersi reciprocamente, ed aggregantisi in mille modi per costituire gli atomi dei corpi tutti. Essi possono considerarsi come modificazioni localizzate dell'etere universale, mentre le forze, che fra essi esistono, possono essere attribuite a speciali elasticità destinate nell'etere stesso dalla loro presenza, analoghe a quelle invocate nella teoria di Maxwell per render conto delle apparenti forze elettriche a distanza. Ogni fenomeno del mondo fisico diviene così opera degli elettroni. Se il numero di quelli d'una specie prevale in un corpo su quello degli elettroni di specie contraria, il corpo presenta i fenomeni dell'elettrizzazione; se gli elettroni si muovono, essi costituiscono la corrente elettrica, e in tal caso può trattarsi, o di elettroni liberi, che si muovono passando da un atomo all'altro entro un conduttore metallico, oppure di ioni, cioè di atomi nei quali abbondano o scarseggiano uno o più elettroni negativi, e muovendosi nel seno d'un

liquido o d'un gas. Se gli elettroni vibrano, essi generano nell'etere delle onde, che sono la luce o il calor raggrante; se sono arrestati bruscamente, come nel caso dei raggi catodici quando incontrano un corpo qualunque, generano una perturbazione senza carattere distinto di periodicità, che si propaga nell'etere come un'onda di esplosione nell'aria, e che dà luogo ai fenomeni attribuiti ai raggi di Röntgen.

Non posso tacere però di una differenza che esiste fra la massa finora attribuita alla materia, e la massa che mostra di possedere una carica elettrica in virtù del suo movimento. Quest'ultima, in virtù delle leggi da cui dipendono i fenomeni elettromagnetici, non può essere una quantità invariabile, come viene invece considerata la massa usuale, ma invece deve crescere al crescere della velocità dell'elettrone; ciò che, del resto, hanno confermato le accurate esperienze recenti del Kaufmann, nelle quali venivano deviati in pari tempo e da una forza elettrica e da una forza magnetica quegli elettroni dotati di velocità grandissime, che costituiscono certi raggi emessi dai corpi radioattivi. Però la variazione della massa apparente d'un elettrone non comincia a manifestarsi in modo sensibile, che quando la sua velocità sia incomparabilmente maggiore, non solo di tutte le velocità che l'uomo sa imprimere alla materia, ma ancora della velocità di qualsiasi corpo celeste. Perciò, se si ammette, che gli atomi siano aggregati di elettroni, la massa dei corpi non potrà più dirsi rigorosamente invariabile, quantunque non sia facile e forse neppur possibile constatarne le variazioni.

In quanto ho detto or ora sta l'enunciato della teoria elettrica della materia; ma questa teoria, benchè basata sull'ipotesi degli elettroni, si appoggia, non solo sui fenomeni, che da questi sono prodotti allorchè si trovano liberi, ma anche su quelli, assai più numerosi, nei quali

si manifestano i ioni, cioè gli atomi a cui furono tolti od aggiunti uno o più elettroni.

Il moto dei ioni nei gas si presta in modo speciale ad uno studio sperimentale. Se il gas non è estremamente rarefatto, il loro movimento sarà paragonabile a quello delle molecole stesse del gas, in causa degli urti frequenti, i quali inoltre danno luogo a questo risultato, e cioè che le molecole urtate possono subire la ionizzazione, in virtù dell'energia di moto posseduta dal ione urtante. Se il gas è a pressione non troppo piccola ed è posto fra corpi oppostamente elettrizzati, la forza elettrica trascina i ioni sensibilmente nella propria direzione, perchè la loro velocità, in causa dei ripetuti urti, rimane sempre nella media assai limitata.

Che i ioni nei gas si muovano nel campo elettrico seguendo sensibilmente le linee di forza, fu da me dimostrato fin da oltre una ventina d'anni fa, quando la moderna teoria elettronica non era ancor nata, e quando per conseguenza non si poteva parlare di ioni, ma più genericamente di particelle elettrizzate. Fermo nella mia opinione, oggi non più negata, che i raggi catodici non fossero un fenomeno ondulatorio, ma un fenomeno di trasporto, come riteneva il Crookes, riescii infatti ad ottenere nei gas all'ordinaria pressione effetti simili a quelli dell'ombra proiettata dai raggi catodici. Non resisto alla tentazione di mostrare una di quelle mie numerosissime esperienze, pur dando ad esse una forma un po' nuova.

Ecco una punta metallica rivolta in giù, sotto cui sta una lastra conduttrice cosparsa di finissima polvere metallica. Elettrizzando oppostamente i due conduttori col farli comunicare coi poli di questo grande rocchetto di induzione, si vedrà fra poco saltellare alcun poco la limatura, la quale non sarà respinta violentemente tutt'intorno, come accadrebbe se la punta non fosse presente. Ciò è dovuto al fatto che i ioni negativi, che dalla punta, cui darò precisamente la carica negativa, si muovono verso

la lastra, investono le particelle metalliche non appena si sollevano, e neutralizzano la carica positiva che loro ha comunicata la lastra stessa. Ciò posto si metta fra la punta e la lastra un corpo qualunque, che ripari una parte delle particelle di limatura. Ognuno comprende già quanto deve accadere, e cioè le particelle riparate devono abbandonare definitivamente la lastra, e deve formarsi su di questa, o più esattamente sulla carta bianca posta sopra di essa per rendere meglio visibile il risultato, una regione bianca priva di polvere. Orbene, questa regione costituisce una perfetta ombra dell'oggetto interposto, e così resta dimostrato, che i ioni respinti dalla punta si muovono regolarmente secondo certe traiettorie, che l'esperienza, ripetuta sotto altre forme più opportune e suscettibili di esatte misure, dimostra essere precisamente le linee di forza elettrica.

Intendo dedicare questa mia esperienza alle signore, e perciò come corpo destinato a proiettare la propria ombra adoprerrò uno dei coefficienti della loro ammirata eleganza, uno dei prodotti della loro arte squisita: una striscia di pizzo tesa in un telaietto formato con un tubo di vetro. Faccio agire per un istante il rocchetto, ed ecco sulla carta un disegno fedele del pizzo, rappresentato col bianco della carta su fondo scuro costituito dalla limatura.

Rarefacendo grado a grado l'aria, le linee percorse dai ioni nelle mie esperienze di ombra tendono a divenire rettilinee, mentre ioni negativi si formano in numero di più in più piccolo, restando invece liberi gli elettroni. E così con gradual modificazioni si passa dal caso delle ombre elettriche nell'aria alla pressione usuale a quello delle ombre nel tubo di Crookes.

Si è cercato d'immaginare in qual modo gli elettroni possano riunirsi per costituire gli atomi. Alcuni fatti accertati, fra cui il fenomeno di Zeeman, rendono

verosimile, che un certo numero di elettroni negativi si muova in orbite chiuse intorno alla parte restante dell'atomo, alla guisa dei satelliti intorno ad un pianeta. Perchè si abbia una grande stabilità si esige poi che lungo una stessa orbita si muovano più elettroni, i quali formeranno così come tanti anelli in certo modo analoghi a quelli di Saturno. Tentativi ingegnosissimi per arrivare a concepire la struttura degli atomi furono fatti in questi ultimi tempi, prima dal fisico giapponese Nagaoka e poi dal Thomson. Se non si può dire d'aver risolto un problema, che forse per lungo tempo ancora presenterà difficoltà grandissime, si può ritenere almeno che, con questi tentativi si è avviati sulla buona strada.

Un'antica esperienza del fisico americano Mayer ha forse suggerito questi concetti. Se un certo numero di aghi calamitati vengono infissi in tanti dischetti di sughero, in modo che essi possano galleggiare verticalmente nell'acqua, essi tenderanno ad allontanarsi gli uni dagli altri in causa della reciproca ripulsione, giacchè si ha cura che tutti presentino in alto dei poli della stessa specie. Ma se sopra o sotto il recipiente si pone il polo di una calamita, che agisca per attrazione sui poli più prossimi degli aghi, questi tendono a portarsi verso la calamita, come se fossero attratti verso una posizione centrale, ed assumono certe disposizioni regolari, come quella di cui si vede ora sul diaframma l'immagine proiettata. I diciassette aghi adoperati in questa esperienza si dispongono, come ognuno vede, così: uno sta solo nel mezzo, altri sei formano un anello che lo circonda, e i dieci che rimangono un anello concentrico di diametro maggiore. Sottraggo un ago e ottengo questa semplice modificazione, qualunque sia l'ago allontanato, sia pure quello di mezzo, e cioè si riduce a nove il numero degli aghi costituenti l'anello esterno. Se gli aghi rappresentavano gli elettroni di un atomo, quando erano in numero di diciassette, ora che non sono che sedici rappresenteranno quelli di un ione

positivo. Le figure ottenute non mutano sostanzialmente se si suppone che gli aghi d'ogni anello si muovono uniformemente lungo l'anello stesso, con che l'analogia fra l'esperienza di Mayer e la distribuzione degli elettroni in un atomo diviene più intima. Non farò altre analoghe esperienze con differente numero di aghi, ma dirò soltanto che queste esperienze, ideate dal Mayer per tutt'altro scopo, si prestano egregiamente ad illustrare molti dei fenomeni che effettivamente presentano gli atomi, qualora si ammetta, che questi contengano elettroni negativi muovendosi a guisa di satelliti rispetto alla parte positiva. Per chi ammette l'esistenza separata ed indipendente degli elettroni positivi, oltre quella degli elettroni negativi, la parte positiva dell'atomo altro non sarà che il sistema costituito dai detti elettroni positivi, e da quelli fra gli elettroni negativi che non si muovono liberamente a guisa di satelliti. Questo modo di considerare la struttura di un atomo presenta però ulteriori difficoltà, che non si incontrano qualora invece venga adottata un'ipotesi proposta da lord Kelvin e ripresa dal Thomson. Essa consiste nel supporre ogni atomo costituito, di una parte positiva unica, cui è comodo attribuire la forma sferica, e che potrebbe considerarsi quale conseguenza di una proprietà speciale degli elettroni positivi di fondersi in certo modo in un'unica individualità omogenea, e di una parte negativa formata dagli elettroni negativi muovendosi intorno al centro della sfera ed entro la medesima, sotto l'azione da essa esercitata, la quale consiste in una attrazione diretta verso il centro.

In ogni caso gli anelli di elettroni satelliti non possono però avere una stabilità assoluta. Poichè il loro moto non è rettilineo ed uniforme, essi irradiano continuamente nell'etere parte della loro energia generando in questo delle onde, ed inevitabilmente presto o tardi deve accadere, che l'edificio da essi formato arrivi a sfasciarsi.

Fu una tremenda obbiezione questa, che si formulò contro il concetto della costituzione elettronica della materia. Ma l'obiezione, a maggior gloria della scienza e dell'ingegno umano, si cambiò in inaspettata conferma, il giorno in cui si scoprirono dal Becquerel, i fenomeni della radioattività.

Questi importanti e meravigliosi fenomeni, che per un momento sembrarono, secondo il parere di alcuni, scuotere dalle fondamenta l'edificio della scienza, con tante fatiche e con crescente rapidità costruito da innumerevoli indagatori, sono tali, quali i concetti già esposti avrebbero, fino ad un certo punto, lasciato prevedere.

Un corpo radioattivo, come il radio, non è altro infatti che un corpo, i cui atomi per loro natura o per l'età loro, si trovano prossimi al limite di loro stabilità.

Uno dopo l'altro essi dunque si sfasciano dando origine: 1° a veri raggi catodici, cioè all'emissione di elettroni negativi liberi, che sfuggono in ogni direzione con velocità dell'ordine di grandezza di quella, di cui si trovavano animati in virtù del loro movimento da satelliti prima della disaggregazione; 2° a raggi d'altra specie, costituiti dalla emissione di masse atomiche a carica positiva, in certo modo frammenti d'atomi, che ormai è stato in molti casi dimostrato essere non altro che atomi di elio; 3° a raggi simili ai raggi Röntgen, aventi verosimilmente analoga origine. I raggi catodici, o raggi β , secondo la nomenclatura di Rutherford, ed i raggi α , sono lungi dal costituire tutto ciò che prima formava l'atomo distrutto. La maggior parte di questo assume un nuovo modo di aggregazione e costituisce un nuovo atomo più o meno stabile, cosicchè dopo l'emissione dei raggi α e β rimane un atomo nuovo avente proprietà fisiche e chimiche diverse da quelle dell'atomo primitivo. Molte volte il nuovo atomo è esso pure instabile, tanto che un corpo radioattivo dà luogo a numerose successive trasformazioni atomiche. Nel caso

del radio si ha ormai la prova, che da esso si producono successivamente sette nuovi corpi, il primo dei quali è gassoso, e vien detto *emanazione* del radio, gli altri solidi. Anzi con gran fondamento si ritiene, che abbiano luogo altre trasformazioni ulteriori non ancora studiate, colle quali si arriverebbe sino ad ottenere l'atomo del piombo, e forse successivamente quelli d'altri elementi chimici conosciuti. La trasmutazione degli elementi è dunque, almeno pei corpi radioattivi, cosa dimostrata.

Per quanto attraenti ed interessanti non posso qui neppur di volo trattare dei fenomeni radioattivi; ma non si può aver accennato a fatti tanto notevoli e, come si suol dire, di così palpitante attualità, senza mostrare almeno uno degli effetti, fra i tanti veramente meravigliosi, che i corpi radioattivi producono. Mostrerò dunque una esperienza in proposito, che dimostrerà la ionizzazione di un gas, che è prodotta dall'urto dei raggi α e β contro le sue molecole. Ecco sul diaframma l'immagine ingrandita e capovolta d'un elettroscopio, che esce non poco dal comune. Un filo metallico permanentemente elettrizzato mediante un'apila secca, respinge una esilissima fogliolina d'oro isolata, che, quando si caricò il filo, venne per un istante a contatto di questo. Che accadrà, se l'aria che circonda i conduttori verrà ionizzata e quindi resa conduttrice? La risposta è facile, ma il fatto è meno semplice di quanto a tutta prima può sembrare; nondimeno si osserva, che la fogliolina si scarica e viene attratta dal filo. Questo però l'elettrizza di nuovo col suo contatto e la respinge, ed il giuoco si ripete indefinitamente, cosicchè la fogliolina assume un regolare moto d'altalena più o meno rapido. Avvicino all'istrumento questo disco d'ossido d'uranio oppure questo grosso ciottolo nero, che non è altro che un pezzo di quel minerale chiamato *pechblenda*, da cui si estraggono principalmente le sostanze radioattive, ed ecco che lentamente la foglia d'oro comincia i suoi movimenti. Metto invece

a qualche decimetro di distanza dall'elettrometro questa piccola quantità (15 milligrammi) di bromuro di radio contenuto in una scatoletta, ed ecco che la fogliolina si mette a vibrare furiosamente, specialmente se avviciniamo ad essa di più in più il radio.

Ma il tempo è inesorabilmente trascorso rapido per me, lungo forse per chi mi ha ascoltato; per cui devo por fine al mio discorso.

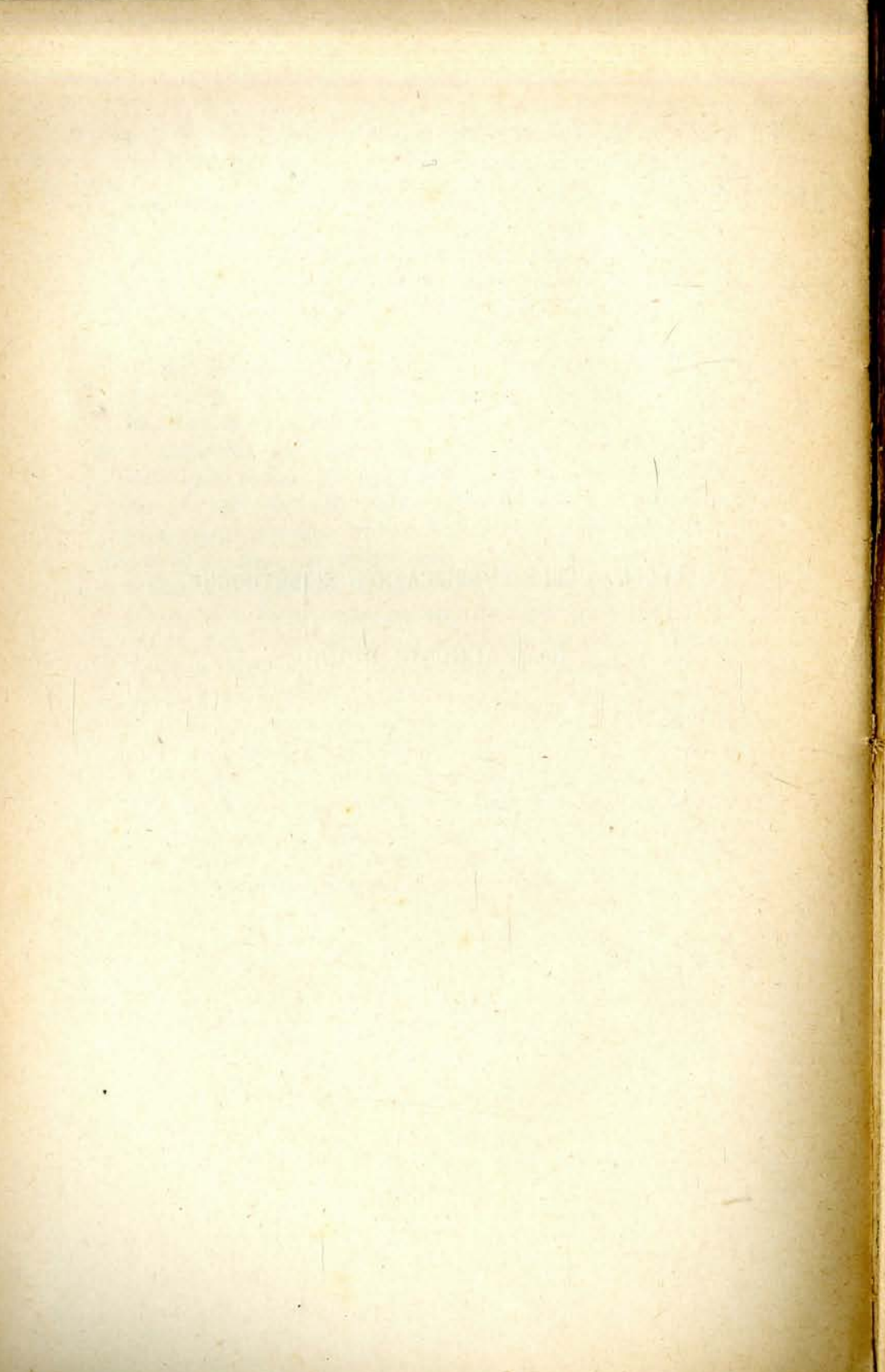
Gettando uno sguardo sulle più recenti conquiste della scienza fisica, si resta abbacinati dal loro splendore; ma poi vien fatto di riflettere, che la stessa impressione sarà stata provata anche in passato, per esempio un secolo fa dopo le memorabili scoperte di Galvani e di Volta, e che fra un secolo tutto ciò che oggi noi sappiamo sarà forse considerato come ben poca cosa.

Fu detto con ragione, non ricordo ora da chi, che più la sfera della scienza ingrandisce, e più estesa diviene la sua superficie di contatto coll'ignoto che la circonda. In altre parole, e chi sa per quanto tempo ancora sarà così, ad ogni mistero svelato si presentano più numerosi nuovi misteri. Chi coltiva la scienza deve bensì guardare al passato per compiacersi delle conquiste fatte, ed averne un compenso alle fatiche sostenute, ma non deve perdere mai di vista gli innumerevoli problemi che nell'avvenire la scienza deve coraggiosamente affrontare.

ELENCO DELLE PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE

DEL

PROF. AUGUSTO RIGHI



1872

1. Sull' elettrometro ad induzione.

È una piccola macchina ad influenza di forma assai singolare, adoperata dall'A. per rendere sensibili ad un elettroscopio delle cariche piccolissime, e del quale è data la teoria fondata sull'uso del potenziale, a questa epoca raramente e da pochi sperimentatori tenuto nel debito conto.

1873

2. Sulla composizione dei moti vibratorii.

È studiata in modo completo, sia analiticamente che sperimentalmente, la composizione di tre moti vibratorii fra loro ortogonali. Numerose figure stereoscopiche, pazientemente disegnate punto per punto, mostrano in rilievo le traiettorie risultanti.

3. Ricerche d' elettrostatica.

Esperienze relative a questioni sui dielettrici. Coll'impiego del conduttore cavo è dimostrata l' inanità d' una teoria, secondo la quale la carica acquistata da una lastra isolante in seguito a strofinamento consisterebbe in una polarizzazione delle sue molecole.

4. Sul principio di Volta.

Sono descritte esperienze nuove eseguite coll'apparecchio n. 1, tendenti a dimostrare la realtà delle cariche di contatto fra conduttori, e la non accettabilità della spiegazione per esse data dal De-la-Rive.

5. Sur le principe de Volta. — *Extrait.*

Riassunto del lavoro precedente.

6. Su alcuni punti controversi di elettrostatica.

Pubblicazione polemica in relazione colla Memoria n. 3.

1874

7. Ricerche sulle forze elettromotrici.

Dimostrazione, fondata sul principio di Volta, di certe leggi relative alle coppie termoelettriche ed alle coppie voltaiche. È dimostrata sperimentalmente l'elettricità di contatto fra un metallo freddo e lo stesso metallo caldo, quest'ultimo assumendo sempre la carica negativa.

8. Pile — Pile termoelettriche. — *Due monografie.*

Descrizione di tutte le principali pile.

1875

9. Sulla visione stereoscopica.

Descrizione di nuovi apparecchi e numerose esperienze, suggerite all'A. dalla lettura dell'*Ottica Fisiologica* del Helmholtz. In particolare vi è descritto il *polistereoscopio* dell'A., che pur essendo di costruzione assai più semplice di quella degli strumenti congeneri, permette d'ottenere gli effetti dello pseudoscopio, del telestereoscopio ecc. Comprende una completa trattazione analitica e geometrica relativa alla visione con due occhi.

10. Nouveaux théorèmes de Géometrie Projective.

Teoremi suggeriti dalla ricerca precedente.

11. Sulla penetrazione delle cariche elettriche nei coibenti fissi ed in movimento, con applicazione alla teoria dei condensatori, dell'elettroforo e delle macchine ad induzione.

Numerosissime esperienze sul meccanismo della formazione di cariche elettriche su lastre isolanti. Vi è fra altro dimostrato il curioso fatto, che una lastra isolante, elettrizzata su una faccia e messa in moto di fronte ad un conduttore munito di punta, può acquistare sull'altra faccia una carica di nome contrario più grande della carica primitiva.

12. Sur la pénétration des charges etc. — *Extrait.*

Riassunto della Memoria precedente.

13. Sull'azione dei coibenti nelle esperienze relative alla elettricità di contatto e nelle coppie voltaiche.

Contiene esperienze su pile a liquido quasi isolante.

1876**14. Alcuni metodi fotografici.**

Metodi razionali d'aumento proporzionale nell'opacità d'una negativa.

15. Esperienze da lezione sui fenomeni di fosforescenza.

Fotografie luminose, e perciò visibili nell'oscurità.

**16. Ricerche sperimentali sulle scariche elettriche. —
Prima Memoria.**

Raccolta di numerosissime esperienze qualitative, e di misura del potenziale di scarica in casi svariati fatte con un elettrometro, ancora in uso presso i fisici per analoghi scopi, inventato dall'A. È fra altro messa in rilievo l'influenza della curvatura, del valore assoluto dei potenziali ecc.

17. Esperienze col radiometro di Crookes.

Contiene fra altro una esperienza semplice, con cui è messo fuor di dubbio che al moto del molinello corrisponde un moto di reazione dell'involucro dell'apparecchio.

1877**18. Ricerche sperimentali sulle scariche elettriche. —
Seconda Memoria.**

Numerosissime esperienze sulle scariche nei liquidi e alla loro superficie, sulle scariche laterali ecc. accuratamente descritte coll'aiuto di moltissime figure a colori e di fotografie. In particolare è descritto quel fenomeno su cui si basa il moderno interruttore elettrolitico.

19. Ricerche sperimentali sull'interferenza della luce.

Esperienze con sorgenti luminose diversamente colorate, con luce polarizzate ecc., che conducono a fenomeni brillantissimi.

1878**20. Sulla velocità della luce nei corpi trasparenti magnetizzati.**

È dimostrato, con delicate esperienze di difficile esecuzione, che realmente i raggi a polarizzazione circolare possiedono velocità diversa secondo il loro senso di girazione, allorchè si propagano in un corpo posto nel campo magnetico. Il risultato fu poco dopo confermato dal Becquerel.

21. Sulla concentrazione di una soluzione magnetica al polo di una calamita.

È mostrata insussistente questo fenomeno, che era stato annunciato dal Jamin.

22. Il telefono che si ascolta a distanza.

Apparato telefonico inventato dall' A. appena conosciuta l' invenzione Bell. Esso dà suoni così intensi, da essere simultaneamente uditi da tutto un uditorio in una vasta sala, come risultò dalle esperienze fatte a Bologna, a Milano ed a Parigi.

1879

23. Descrizione ed uso di una macchina di Holtz di costruzione speciale.

Tale costruzione permette il buon funzionamento anche in un ambiente saturo d' umidità.

24. Sulla dilatazione dei coibenti armati, per effetto della carica.

L' A. dopo avere rivendicato all' abate Fontana la scoperta del Duter, descrive un nuovo metodo sensibilissimo per dimostrare e studiare il fenomeno.

25. Sui fenomeni elettrici delle bolle di Canton.

È dimostrata la causa del caricarsi di bolle di vetro che furono lasciate a sè stesse dopo averle caricate a guisa di condensatori, quando vengano riscaldate dopo un lungo intervallo di tempo.

26. Sopra un caso di polarità permanente dell' acciaio, inversa di quella dell' elica magnetizzante.

Ottiene l' A. in certi casi la magnetizzazione di un cilindro d' acciaio, con polarità inversa di quella del campo magnetizzante.

27. Sur un cas de polarité etc. — *Extrait.*

Esperienze simili alle precedenti.

28. Sulle variazioni di lunghezza che accompagnano la magnetizzazione.

Col metodo della Memoria n. 24 studia l' A. questo fenomeno.

29. Sulla dilatazione galvanica.

Col metodo della nota n. 24 è dimostrato che un filo non si allunga sensibilmente pel fatto di essere percorso dalla corrente.

30. Sulla formazione dell' albero di Marte.

Studio dell' antico fenomeno, e di altri analoghi e nuovi. Ottiene per esempio delle formazioni crescenti a vista d' occhio.

1880

31. Sulla polarità permanente inversa all' acciaio.

Lo stesso argomento del n. 26.

32. Alcune esperienze coi nuovi tubi di Crookes e con tubi di Geissler.

Particolarità osservate in tubi di scarica.

33. Contribuzioni alla teoria della magnetizzazione dell' acciaio.

Esteso lavoro sull' argomento dei nn. 26 e 31, con numerose misure relative alla distribuzione della magnetizzazione nella massa del ferro. È descritto il fenomeno chiamato più tardi *isteresi*.

34. Contributions à la théorie de l' aimantation de l' acier.
— *Extrait.*

Riassunto della Memoria precedente.

35. Altre esperienze coi tubi di Crookes.

Come al n. 32.

36. Le ombre elettriche. — *Nota.***1881**37. Le ombre elettriche. — *Prima Memoria.*

In questa Memoria è studiato il moto delle particelle elettrizzate in un campo elettrico, ossia, secondo il linguaggio moderno, il movimento dei ioni nei gas. In particolare l' A. ottiene mediante svariate esperienze un fenomeno di ombre elettriche, simili alle ombre prodotte dai raggi catodici, e dimostra che nei gas all' ordinaria pressione il moto delle particelle (ioni) avviene secondo le linee di forza.

38. Ueber die electrischen Schatten. — *Ausz.*

Riassunto del lavoro precedente.

39. Spostamenti e formazioni delle scintille nell'aria per azioni elettrostatiche.

Dimostra l'A. che facendo scoccare le scintille in un campo elettrico da esse indipendente, si producono cambiamenti di luogo e di forma delle scintille. Le previsioni dell'A. erano quelle stesse a cui oggi conduce la teoria ionica, cioè un moto di ioni preparatorio che precede la scarica.

40. Di alcune curiose conformazioni delle scintille elettriche nell'aria.

Ottiene scintille aventi la forma della lettera Y.

1882

41. Sulle figure elettriche in forma di anelli.

Ottiene per azione d'una punta carica sopra una lastra isolante delle figure elettriche, per la spiegazione delle quali non si deve ricorrere alle oscillazioni di scarica. Ne è data la giusta spiegazione.

42. (In collaborazione col prof. E. VILLARI): Sulla carica dei coibenti.

Esperienze che decisero in favore dell'opinione del Righi una divergenza insorta.

43. Le ombre elettriche. — *Seconda Memoria.*

Memoria a completamento della n. 37. In particolare sono descritte le ombre *composte*, e le ombre elettriche ottenute col moto, non più dei ioni, ma di particelle di polvere.

44. Sur les ombres électriques et sur divers phénomènes connexes. — *Extrait.*

Esperienze analoghe a quelle dei nn. 37 e 43.

45. Sui cambiamenti di lunghezza d'onda ecc. — *Nota.*

Realizzazione del fenomeno dei battimenti per mezzo delle vibrazioni luminose.

1883

46. Sui cambiamenti di lunghezza d'onda ottenuti colla rotazione d'un polarizzatore, e sui fenomeni dei battimenti prodotto colle vibrazioni luminose.

Esposizione dettagliata delle esperienze della Memoria precedente, con spiegazione analitica completa degli effetti ottenuti, i quali presentano speciali pregi di evidenza e d'eleganza sperimentale.

47. (In collaborazione col prof. A. TAMBURINI): Ricerche sull'azione della magnete e degli agenti termici nella ipnosi isterica.

Esperienze dimostranti che l'azione attribuita alle calamite su soggetti isterici allo stato ipnotico, è dovuta invece ad altre cause.

48. Sul fenomeno di Hall.

È descritto un nuovo metodo di constatazione di questo fenomeno, che rende adoperabile una lamina di forma qualsiasi.

49. Sur le phénomène de Hall. — *Extrait.*

Uguale soggetto come al n. 48.

50. Sur les changements de longueur d'onde etc. — *Extrait.*

Riassunto della Memoria n. 46.

51. Ricerche sperimentali sul fenomeno di Hall, particolarmente nel bismuto.

L'A. scopre che nel bismuto il fenomeno di Hall si manifesta con una intensità grandissima, al punto che riesce ad ottenerlo per la sola azione del campo magnetico terrestre, o per quella d'un semplice ago da cucire.

52. Anelli di Newton in movimento. — *Nota.*

Forma assai singolare data al fenomeno dei battimenti luminosi descritti nella Memoria n. 46.

1884

53. Influenza del calore e del magnetismo sulla resistenza elettrica del bismuto.

Certe irregolarità notate dall'A. nel corso delle sue esperienze della Memoria n. 51 gli fecero prevedere una grandissima influenza del campo magnetico sulla resistenza del bismuto, la quale viene confermata e misurata colle esperienze delle quali tratta questa Memoria. È studiata altresì la variazione della resistenza al variare della temperatura pel bismuto più o meno impuro, la quale in molti casi segue un andamento assai singolare. Questa e la Memoria n. 51 sono state l'origine di un considerevole numero di ricerche posteriori, compiute da Ledue, Ettinghausen, Nerust ecc.

54. Intorno ad una nuova spiegazione del fenomeno di Hall.

Critica d'una teoria.

55. Influence de la chaleur et de l'aimantation sur la résistance du bismuth. — *Extrait.*

Riassunto della Memoria n. 53

56. Sulla velocità dei raggi polarizzati circolarmente, nell'interno di un corpo dotato di potere rotatorio.

È chiarito un equivoco in cui cadde il Maxwell trattando della polarizzazione rotatoria magnetica.

57. Ricerche sperimentali e teoriche intorno alla riflessione della luce polarizzata sul polo d'una calamita.

È uno studio sperimentale completo del fenomeno di Kerr per qualunque direzione del raggio incidente, a cui segue uno studio teorico basato sulla equivalenza cinematica fra la vibrazione rettilinea incidente, e due vibrazioni ellittiche di opposti sensi di girazione.

58. Recherches expérimentales et théoriques ecc. — *Traction.*

La Memoria precedente tradotta dall'A.

1885

59. Sulla fotografia delle scintille elettriche, ed in particolare di quelle prodotte nell'acqua.

È constatato che una scintilla assorbe la luce che parte da un'altra prodotta simultaneamente.

60. Nuove ricerche sul fenomeno di Kerr. — *Nota.*

Breve accenno a nuove esperienze sul soggetto del n. 57.

61. Descrizione di un nuovo polarimetro.

È un polarimetro a penombra, il quale presenta il vantaggio di potersi variare a volontà l'angolo dei piani di polarizzazione nelle due metà del campo di visione, ciò che concede di adattare sempre l'apparecchio alle varie intensità luminose, e di conferirgli così la massima sensibilità.

62. Ricerche sperimentali e teoriche intorno alla riflessione della luce polarizzata sul polo d'una calamita. — *Seconda Memoria.*

Continuazione e compimento degli studi di cui al n. 57.

1886

63. Recherches expérimentales et théoriques etc. — 2.^{me}
Memoire. (Traduction).

Traduzione francese della precedente Memoria fatta dallo stesso A.

64. Sulla causa della polarizzazione rotatoria magnetica.
— *Nota preventiva.*

Cenno di esperienze destinate a nuova conferma di quanto era stato dimostrato nella Memoria n. 29.

65. Sulla calibrazione elettrica di un filo.

Questione di priorità.

66. Studi sulla polarizzazione rotatoria magnetica.

Lunghe e numerose ricerche sulla polarizzazione rotatoria principalmente con lamine trasparenti di ferro, che l'A. per la prima volta riesci ad ottenere. È dimostrato che la luce diviene a polarizzazione ellittica pel suo passaggio attraverso il ferro magnetizzato.

67. Ricerche sperimentali intorno alla riflessione della luce polarizzata sulla superficie equatoriale di una calamita.

Ricerche sperimentali e teoriche che vanno a completare quelle delle Memorie nn. 57 e 62.

68. Recherches expérimentales sur la lumière polarisée réfléchie par la surface équatoriale d'un aimant.

Traduzione della Memoria precedente.

1887

69. Sui fenomeni che si producono colla sovrapposizione di due reticoli, e sopra alcune loro applicazioni.

Sono studiate quelle striscie oscure di forme più o meno regolari, che si osservano quando sulla stessa visuale si sovrappongono due reti metalliche, o due stoffe a fili rudi o due cancellate ecc. Se ne dà la teoria completa, e si mette in rilievo la loro applicazione per la misura di piccoli spostamenti rettilinei o angolari.

70. Sulla conducibilità termica del bismuto nel campo magnetico. — *Nota.*

È dimostrata per la prima volta la grande variazione di conducibilità calorifica, che produce nel bismuto l'azione del magnetismo.

71. Rotazione delle linee isotermitiche del bismuto posto in un campo magnetico.

È descritto un fenomeno calorifico analogo al fenomeno di Hall, prodotto nel bismuto dall'azione del magnetismo.

72. De l'influence du champ magnétique sur la conductibilité calorifique du bismuth.

Si tratta lo stesso soggetto del n. 70.

73. Sur le conductibilité calorifique du bismuth dans un champ magnétique.

Altre ricerche sul soggetto precedente.

74. Sulla forza elettromotrice delle coppie a liquido poco conduttore.

Nuove esperienze a complemento di quelle del n. 13.

75. Sulla conducibilità calorifica del bismuto posto in un campo magnetico. — *Memoria.*

Lavoro completo intorno alla variazione di conducibilità calorifica del bismuto prodotta dal campo magnetico.

1888

76. Di alcuni nuovi fenomeni elettrici provocati dalle radiazioni. — *Nota.*

Esperienze relative all'azione delle radiazioni sull'elettricità di contatto, che conducono l'Autore alla costruzione delle *pila fotoelettriche*.

77. Idem. — *Nota II.*

Nuove esperienze sullo stesso soggetto.

78. Idem. — *Nota III.*

Altre esperienze sul soggetto medesimo.

79. Sur les phénomènes électriques produits par les rayons ultraviolets.

Medesimo soggetto come ai nn. 76, 77, 78.

80. Sulla forza elettromotrice del selenio.

È dimostrata una variazione del potenziale di contatto prodotta nel selenio per azione della luce, come pure analoghe variazioni per la forza elettromotrice di coppie voltaiche aventi il selenio al posto dell'elettrolita, prodotte dalla luce o dalla pressione.

81. Di alcuni nuovi fenomeni ecc. — *Nota IV.*

Altre ricerche in continuazione di quelle ai nn. 76, 77, 78, 79.

82. Sur quelques nouveaux phénomènes électriques produits par les radiations.

Medesimo soggetto come ai nn. 76 ecc.

83. Di alcuni nuovi fenomeni ecc. — *Nota V.*

Medesimo soggetto della nota precedente.

84. Idem. — *Nota VI.*

Ancora il precedente soggetto di studio.

85. Sui fenomeni elettrici provocati dalle radiazioni — *Memoria.*

Memoria complessiva ove sono sviluppate le ricerche delle antecedenti note. Si dà la dimostrazione completa del moto lungo le linee di forza, che hanno le particelle elettrizzate (ioni), alle quali si deve la produzione dei fenomeni fotoelettrici. Contiene altresì la scoperta del prodursi di cariche positive nei corpi scarichi, conduttori o dielettrici, colpiti da radiazioni.

86. Nuove figure elettriche. — *Nota.*

Si tratta di figure, le quali appaiono alitando contro una lastra metallica speculare, che fu esposta all'azione di una punta elettrizzata. Se ne dà la spiegazione basata sull'azione del gas aderente al metallo.

87. Sulle coppie a selenio. — *Nota.*

Si dimostra che il selenio agisce come elettrolita in una coppia voltaica da esso formata con due metalli, anche quando sul selenio non ha mai agito la luce.

88. Alcune esperienze colla scarica di una grande batteria.

Esperienze da lezione con cui si ottengono lunghe e poderose scintille ed altri effetti imitanti quelli del fulmine.

1889

89. Ueber die electromotorische Kraft des Selen.

Riassunto delle esperienze descritte al n. 80.

90. Sui fenomeni elettrici provocati dalle radiazioni. —

II. Memoria.

Nuove ricerche che conducono alla legge del nuovo fenomeno fotoelettrico, di cui al n. 85. È per la prima volta misurata la velocità delle particelle elettrizzate (ioni), al cui moto sono dovuti i fenomeni studiati.

91. Sulle cariche elettriche generate dalle radiazioni.

È dimostrata la legge del fenomeno.

92. Sulla misura delle forze elettromotrici di contatto dei metalli in vari gas, per mezzo delle radiazioni ultraviolette. — *Nota.*

Applicazione del fenomeno foto-elettrico a questa misura, con un metodo che permette di mutare il gas ambiente.

93. Sopra un apparecchio stereoscopico.

L' A. riprende lo studio del suo polistereoscopio (vedi n. 90), e lo modifica in modo da potere con esso ottenere variazioni continue nel rilievo apparente di oggetti opportunamente scelti. È discussa la parte spettante ai diversi elementi psichici sulla percezione del rilievo.

94. Sui fenomeni elettrici provocati dalle radiazioni. —

III. Memoria.

Con queste nuove ricerche sopra il soggetto già trattato (vedi nn. 85 e 90) l' Autore giunge a disposizioni sperimentali adatte alle dimostrazioni di scuola. Egli studia ancora i fenomeni fotoelettrici nei gas più o meno rarefatti.

95. Sulle forze elementari elettromagnetiche ed elettrodinamiche.

L' Autore, servendosi soltanto di considerazioni di simmetria, dimostra che per l' azione elementare fra due elementi di corrente bisogna adottare la formola di Ampère, e per l' azione fra polo magnetico ed elemento di corrente bisogna adottare la formola di Laplace, ad ammettere che la forza sia applicata all' elemento di corrente.

1890

96. Sull' elettricità di contatto in diversi gas. — *Memoria.*

Esposizione completa delle esperienze accennate nella Nota n. 92. L' Autore trova che quando il gas ambiente non altera chimicamente le superfici dei metalli, la differenza di potenziale di contatto è indipendente dalla natura del gas ambiente.

97. Sulla convezione elettrica.

È studiato il moto secondo le linee di forza delle particelle elettrizzate (ioni) emesse da corpi elettrizzati, e in particolare da fili metallici arroventati.

98. Sulle traiettorie percorse nella convezione fotoelettrica e su alcuni nuovi fenomeni elettrici nell'aria rarefatta.

Si studiano le traiettorie delle particelle elettrizzate (ioni) nei gas più o meno rarefatti, e si descrivono nuovi fenomeni di convezione elettrica.

99. Erwiderung auf die Bemerkungen des Hrn. Hallwachs.

Questione di priorità.

100. Sulla convezione fotoelettrica e su altri fenomeni elettrici nell'aria rarefatta — *Memoria*.

È ripreso con maggior estensione lo studio sperimentale del n. 98.

101. Sur la convection photoélectrique etc.

Riassunto della Memoria precedente.

102. Sulle forze elementari elettromagnetiche ed elettrodinamiche. — *II. Memoria*.

È la ricerca stessa del n. 95, con trattazione più generale, cioè senza supporre sin dal principio che le forze fra due elementi di corrente, o fra un elemento di corrente ed un polo magnetico, varino in ragione inversa del quadrato delle distanze.

1891

103. Sopra una specie di scintille elettriche nelle quali la luminosità si propaga gradatamente da un elettrodo all'altro.

Adoperando grandi capacità e fortissime resistenze liquide l'Autore ottiene delle scariche di nuovo aspetto, aventi forma d'una luminosità, che si forma presso l'anodo, e poi si sposta lentamente verso il catodo, per sparire d'un tratto prima di raggiungerlo.

104. Sulle scintille costituite da masse luminose in moto.
— *Nota*.

Altre ricerche sul precedente soggetto.

105. Ricerche sperimentali intorno a certe scintille elettriche costituite da masse luminose in moto.

Esposizione completa delle esperienze accennate nelle due precedenti pubblicazioni, e di altre nuove sul medesimo soggetto, corredata da fotografie di tal nuovo genere di scariche, le quali presentano caratteri simili a quelli attribuiti alle famose folgori globulari.

106. Recherches expérimentales sur certaines étincelles etc.

Traduzione francese della precedente Memoria.

1892

107. Sulla Teoria dello Stereoscopio.

Sono calcolate le formole che permettono di stabilire quali condizioni debbano essere soddisfatte, affinchè la visione di due immagini coniugate in uno stereoscopio dia l'esatta impressione dell'oggetto rappresentato nelle sue vere dimensioni e col giusto rilievo, risultato che raramente è raggiunto colle vedute stereoscopiche del commercio.

108. Di un nuovo apparecchio per l'interferenza delle onde sonore.

Apparecchio dimostrativo assai originale, nel quale il fenomeno dell'interferenza, nonchè quello dei battimenti, è reso visibile dalla sabbia, di cui è cosparsa una grande tela orizzontale, continuamente agitata in due dei suoi punti dalle branche di due *diapason* elettrici.

109. Sulla misura delle differenze di fase prodotte dalle lamine cristalline, e sulla costruzione delle lamine quarto d'onda e mezz'onda.

Metodo esattissimo di misura, che permette di scegliere lastre birefrangenti di tale spessore, da produrre una differenza di fase determinata fra i due raggi trasmessi relativamente ad una data lunghezza d'onda.

110. Appendice alle ricerche sperimentali intorno a certe scintille elettriche costituite da masse luminose in moto.

Nuove ricerche a complemento di quelle ai nn. 103, 104, 105 e 106.

1893

111. Sulla distribuzione dei potenziali presso il catodo.

— *Nota preventiva.*

È misurato il potenziale nell'aria fra gli elettrodi, e resa ragione di certe divergenze fra i risultati precedenti di altri fisici. Le numerose ricerche recenti di vari sperimentatori, che a quanto pare non conoscevano queste esperienze dell'Autore, hanno confermato i risultati da lui ottenuti.

112. Sulla distribuzione del potenziale nell'aria rarefatta percorsa dalla corrente elettrica.

Contiene le ricerche della precedente pubblicazione, completate ed ampliate.

113. Su alcune disposizioni sperimentali per la dimostrazione e lo studio delle ondulazioni elettriche di Hertz.

Sono per la prima volta descritti gli oscillatori dell'Autore, tanto adoperati poscia dai fisici, come pure i risonatori a vetro argentato.

114. Alcune esperienze con oscillazioni di Hertz di piccola lunghezza d'onda.

Esperienze cogli strumenti descritti nella precedente pubblicazione.

115. Quale sia il piano di polarizzazione per le oscillazioni Hertziane.

Esperienze sulla riflessione delle onde elettriche.

116. Sul piano di polarizzazione delle oscillazioni Hertziane.

Rettifica ai risultati della nota precedente.

1894

117. Apparecchio da lezione per la composizione delle oscillazioni pendolari.

Si disegnano colla caduta della sabbia sopra un cartone e coll' aiuto di certe disposizioni elettriche, le curve di Lissajous dovute al comporsi delle oscillazioni di due pendoli, di uno dei quali si può modificare a volontà la lunghezza.

118. Di un nuovo elettrometro idiostatico assai sensibile.

Rassomiglia al voltmetro elettrostatico di Kelvin, ma mercè l'uso di due dischi metallici comunicanti col suolo si può accrescere, a parità di potenziale, la carica delle parti che si respingono, tanto da ottenersi una sensibilità paragonabile a quella dell'elettrometro a quadranti.

119. Sulla preparazione di lamine sottili di vetro presentanti gli anelli d'interferenza.

Artificio sperimentale che semplifica l'esecuzione d'una esperienza di F. Kohlrausch.

120. Sulle oscillazioni elettriche a piccola lunghezza d'onda, e sulla loro riflessione metallica. — *Nota.*

Nuove esperienze sul soggetto trattato nelle note nn. 115 e 116.

121. Sulle oscillazioni elettriche a piccola lunghezza d'onda, e sul loro impiego nella produzione di fenomeni analoghi ai principali fenomeni dell'Ottica. — *Memoria.*

Estesa memoria sulla imitazione dei fenomeni dell'Ottica, mediante l'impiego di brevi onde elettromagnetiche. In particolare sono realizzati i fenomeni di diffrazione, di riflessione totale, di doppia rifrazione ecc. insieme alla dimostrazione e allo studio delle onde emesse dai risonatori rettilinei mentre sono in azione.

122. Sulle onde elettromagnetiche generate da due piccole oscillazioni elettriche ortogonali, oppure per mezzo d'una rotazione uniforme.

Studio analitico completo con indicazione della possibilità teorica di generazione delle onde elettromagnetiche mediante vibrazioni meccaniche di corpi elettrizzati.

1895

123. Sul modo nel quale si producono le lunghe scintille alla superficie dell'acqua. — *Nota.*

Apparecchio con cui l'Autore dimostra, che le scariche lungo la superficie dell'acqua sono della stessa natura delle scariche, così dette laterali.

124. Nuove esperienze sulle scintille elettriche costituite da masse luminose che si muovono lentamente.

Altre nuove esperienze sulle scariche rassomiglianti a folgori globulari.

125. Sull'allungamento di una scintilla prodotto dal moto degli elettrodi.

Curioso modo d'allungare una scintilla mediante il rapido allontanamento di un elettrodo dall'altro.

126. Sulla doppia rifrazione dei raggi elettrici. — *Nota.*

Rivendicazione di priorità di fronte al sig. Mack.

127. Ueber die Doppelbrechung der elektrischen Strahlen.

Traduzione della precedente *Ueber*.

128. Intorno a recenti esperienze sulle oscillazioni elettriche. — *Nota.*

Esibisce alla R. Accademia di Bologna degli strumenti dovuti al signor Lebedew.

129. Sulla doppia rifrazione delle radiazioni elettriche, particolarmente nel gesso.

Studio dettagliato di questo fenomeno riscontrato per primo dall'Autore.

1896

130. Sulla produzione di fenomeni elettrici per mezzo dei raggi di Röntgen. — *Nota.*

L'Autore scopre l'azione dei nuovi raggi sui corpi elettrizzati. La stessa scoperta viene fatta simultaneamente da altri fisici.

131. Phénomènes électriques produits par les rayons de Röntgen. — *Nota.*

Esperienze sui fenomeni della precedente Nota.

132. Sulla dispersione dell'elettricità prodotta dai raggi di Röntgen. — *Nota.*

Altre esperienze successive a quelle dei nn. 130, 131.

133. Sulla produzione delle ombre di Röntgen per mezzo della dispersione elettrica provocata dai raggi X. — *Nota.*

L'Autore ottiene col metodo delle polveri di Lichtemberg le ombre, sia delle ossa della mano, sia d'altri oggetti, simili a quelle ottenute con altri mezzi dal Röntgen.

134. Sulle direzioni di estinzione relative alle onde elettriche nei cristalli di gesso.

Studio ottico-cristallino relativo però alle onde hertziane.

135. Effects électriques des rayons de Röntgen. — *Nota.*

Esperienze che si collegano a quelle dei nn. 131, 132, 133.

136. Sull'influenza della pressione e natura del gas ambiente nella dispersione elettrica prodotta dai raggi di Röntgen.

Riscontra l'esistenza d'una pressione critica, analoga a quella che esiste nel caso dei fenomeni fotoelettrici.

137. Observations sur une communication de MM. Benoist et Hurmuzescu.

Breve polemica.

138. Nuovi studi sulla dispersione elettrica prodotta dai raggi di Röntgen.

È indicato il fenomeno, interpretato più tardi da J. J. Thomson, dello aumento di intensità della corrente fra due metalli, che si verifica aumentando la distanza.

139. Observations à la réponse de MM. Benoist et Hurmuzescu.

Continuazione del n. 137.

140. Sul trasporto dell'elettricità secondo le linee di forza, prodotto dai raggi di Röntgen.

È dimostrato che anche coll'azione dei raggi X, come con quella dei raggi luminosi ed ultravioletti, si genera un moto di particelle elettrizzate (ioni) secondo le linee di forza elettrica.

141. Sui tubi produttori dei raggi X.

Descrizione di tubi, che danno i raggi X pur contenendo gas meno rarefatto del consueto.

142. Sur la convection suivant les lignes de force, produite par les rayons de Röntgen.

Riassunto della Nota n. 140.

143. Sulla propagazione dell'elettricità nei gas attraversati dai raggi di Röntgen. — *Memoria*.

Estesa Memoria, ove sono descritte dettagliatamente le esperienze già pubblicate, ed altre nuove sul medesimo argomento. Fra queste ultime si ha per esempio lo studio dell'influenza della temperatura, della pressione e natura del gas ecc.

1897

144. Sull'elissoide di polarizzazione relativo alle onde elettromagnetiche nella selenite, e sulla polarizzazione ellittica di queste onde.

Nuovo contributo all'analogia fra fenomeni ottici e fenomeni dovuti alle onde elettriche.

145. Sull'assorbimento delle onde elettromagnetiche.

È studiata l'opacità parziale di vari corpi per le onde elettromagnetiche.

146. Sulle onde secondarie dei dielettrici.

Sono messe in evidenza e studiate sia sperimentalmente che analiticamente le onde generate da dielettrici, allorchè sono investiti dalle onde prodotte da un oscillatore.

147. Sugli indici di rifrazione principali del gesso per le onde elettromagnetiche.

Complementi allo studio n. 144.

148. L'Ottica delle oscillazioni elettriche. — *Bologna, ditta Zanichelli. - Un volume di VII-225 pag. con 38 figure.*

Volume ove sono esposte tutte le ricerche compiute dall'Autore sulle onde elettriche.

149. Descrizione di una disposizione sperimentale assai semplice per la misura di spostamenti rettilinei piccolissimi.

Disposizioni assai delicate e suscettibili di grandissima sensibilità.

150. Sull'orientazione di un disco di selenite in un campo elettrico uniforme.

Esperienza che si riannoda a quelle dei nn. 144 e 147, relativa al diverso valore della costante dielettrica nelle varie direzioni.

151. Sulla non penetrazione delle onde elettriche nello spazio racchiuso da una lamina metallica.

Esperienza destinata a togliere di mezzo false asserzioni messe in campo a proposito della telegrafia senza filo.

152. L'Optique des oscillations électriques.

Riassunto dell'opera n. 148 fatto per gli *Archives des Sc. Phys.* di Ginevra.

153. Nuovo indicatore di onde elettriche.

Tubo a gas rarefatto, che s'illumina al sopraggiungere delle onde.

1898

154. Descrizione di un nuovo apparecchio per la composizione delle oscillazioni di due pendoli.

Al moto di due pendoli, uno dei quali può essere accorciato a piacere, che oscillano nello stesso piano, si compone un moto uniforme rettilineo di direzione perpendicolare a quella delle oscillazioni. Tale apparecchio permette di tracciare le note curve di oscillazione.

155. Sull'interpretazione cinematografica del fenomeno di Zeeman.

Possibilità teorica di ottenere, mediante la rotazione di un corpo luminoso, un effetto eguale a quello prodotto dal campo magnetico.

156. Sulla sensibilità alle onde elettriche di certi tubi da scariche.

Studio dei tubi sensibili alle onde, in continuazione della Nota n. 154.

157. Di una nuova forma data alla esperienza di Lecher.

I due fili paralleli sono tesi sopra una lastra di vetro su cui venne incollata della polvere di zinco. Questa si illumina con minute scintille in corrispondenza ai vetri.

158. Di un nuovo metodo sperimentale per lo studio dell'assorbimento della luce nel campo magnetico.

Previsione d'un fenomeno, e verifica del medesimo, il quale consiste nel riapparire della luce emessa da un gas incandescente, posto fra due nicol incrociati sul cammino della luce bianca, quando sul gas agisce il campo magnetico. Con questo metodo l'Autore prevede l'esistenza del fenomeno di Zeeman nell'ipozotide e in altri gas colorati.

159. Sur l'absorption de la lumière par un corps placé dans un champ magnétique.

Traduzione francese della precedente Nota.

160. Ueber die Absorption des Lichtes durch einen in einem Magnetfeld befindlichen Koerper.

Traduzione tedesca del n. 159.

161. Die Optik der elektrischen Schwingungen.

Traduzione tedesca del volume n. 148.

162. Di un nuovo metodo per lo studio dell'assorbimento della luce nel campo magnetico. — *Seconda Nota.*

Complementi al n. 159.

1899

163. Sur l'absorption de la lumière par un corps placé dans un champ magnétique. — *Seconda Nota.*

Traduzione francese della Nota precedente.

164. Ueber die Absorption des Lichtes durch einen in einem Magnetfeld befindlichen Koerper.

Traduzione tedesca della Nota n. 163.

165. Sopra un curioso fenomeno osservato facendo passare una corrente elettrica in un tubo a gas rarefatto.

L'intensità della corrente muta al variare dell'ordine nel quale si seguono nel circuito un tubo di scarica, una resistenza ecc.

166. Sul potere rotatorio del cloro.

È riconosciuta e studiata la polarizzazione rotatoria magnetica nel cloro.

167. Intorno alla questione della produzione di un campo magnetico per opera di un raggio luminoso polarizzato circolarmente.

È smentita un'asserzione del signor Fitzgerald, secondo la quale si produrrebbe un campo magnetico per effetto d'un raggio luminoso polarizzato circolarmente.

168. Sull'assorbimento della luce per opera di un gas posto nel campo magnetico.

Sono studiati i fenomeni di polarizzazione rotatoria, che accompagnano quello di Zeeman per assorbimento, e che modificano i risultati esposti nelle Note nn. 158 e 162.

169. Volta e la Pila. Discorso letto in Como il 18 settembre 1899 inaugurandosi il primo Congresso Nazionale di elettricità.

Al discorso fa seguito una appendice sulle teorie della pila, e in particolare sulla teoria osmotica.

1900

170. Sul fenomeno di Zeeman nel caso generale d'un raggio luminoso comunque inclinato sulla direzione della forza magnetica.

È studiato questo fenomeno nella sua maggior generalità, e con opportune esperienze si verifica la polarizzazione ellittica delle componenti esterne della triplice riga.

171. Sur le phénomène de Zeeman dans le cas général d'un rayon incliné d'une manière quelconque sur la direction de la force magnétique.

Sunto in francese della Memoria precedente.

172. Ueber das Zeemansche Phänomen in dem allgemeinen Falle eines beliebig gegen die Richtung der magnetischen Kraft geneigten Lichtstrahles.

Traduzione tedesca della Memoria n. 170.

173. Les ondes hertziennes. — Rapport présenté au Congrès international de Physique de Paris, 1900.

Breve descrizione degli apparecchi generatori e rilevatori delle onde elettriche, e cenno sulle loro applicazioni.

174. Sur les ondes électromagnétiques d'un ion vibrant.

Studio analitico inserito nel volume pubblicato in occasione del giubileo del prof. Lorentz.

1901

175. Sui campi elettromagnetici, e in particolare su quelli creati da cariche elettriche o da poli magnetici in movimento.

Partendo dalle equazioni di Hertz si calcolano le forze elettrica e magnetica nel campo originato da cariche, poli, sistemi speciali di punti elettrizzati ecc. supposti animati da un moto rettilineo uniforme.

176. Sulla questione del campo magnetico generato dalla convezione elettrica, e su altre analoghe questioni.

Discussione intorno alle esperienze dimostranti la produzione di forza magnetica per opera di cariche in moto, con indicazione di altri fenomeni analoghi, come la produzione di campo elettrico per opera di poli in movimento ecc., seguita da tentativi di verifica sperimentale.

177. Ueber die Frage der durch die elektrische Konvection erzeugten Magnetfeldes ecc.

Traduzione tedesca della Memoria precedente.

1902

178. Ancora sulla questione del campo magnetico generato dalla convezione elettrica.

Continuazione dell'argomento del n. 176.

179. Nochmals über die Frage des durch die elektrische Konvektion erzeugten Magnetfeldes.

Traduzione tedesca della Memoria precedente.

180. Sulla produzione di suoni per mezzo delle scariche nei tubi a gas rarefatto o nelle fiamme.

È realizzato un fenomeno analogo a quello di Duddell, ma con sostituzione di un tubo a vuoto o di una fiamma salata all'arco voltaico. I suoni musicali generati in tal guisa partono dal condensatore o da un telefono inserito nel circuito derivato.

181. Sui fenomeni acustici dei condensatori.

Memoria estesa sull'argomento della precedente Nota, in cui è dimostrato che con piccole autoinduzioni il fenomeno è differente da quello di Duddell, mentre per certi valori dell'autoinduzione si hanno curiosi effetti, come quello di produrre variazioni discontinue nell'altezza del suono, variando in moto continuo o la resistenza, o la capacità ecc.

1903

182. Sulla ionizzazione dell'aria prodotta da una punta elettrizzata.

Esperienze di misura ed esperienze colle polveri elettroscopiche. Fra queste ultime alcune porgono una fedele riproduzione dei raggi-canali, prodotta col moto di ioni nell'aria ordinaria.

183. Il moto dei ioni nelle scariche elettriche (nelle « *Attualità Scientifiche* » della ditta Zanichelli, p. II-66 con tre tavole e nove figure).

Conferenza sperimentale tenuta alla Associazione Elettrotecnica.

184. La telegrafia senza filo (collab. B. DESSAU).

185. Ueber die Ionisierung der Luft durch eine elektrisirte Spitze.

Traduzione tedesca della Memoria n. 182.

186. Sulle cariche elettriche generate dai raggi X sui metalli nel vuoto.

È messo fuori di dubbio il fenomeno della carica positiva generata dai raggi di Röntgen nei corpi da essi colpiti.

187. On the influence of magnetic field on thermal conductivity.

Rivendicazione.

188. Die Telegraphie ohne Draht.

Traduzione tedesca del libro n. 184.

1904

189. Sul moto dei ioni nel campo elettrico.

Sunto di altri lavori anteriori, inserito nel libro pubblicato in onore del prof. Boltzmann.

190. La moderna teoria dei fenomeni fisici (nelle « *Attualità Scientifiche* » della ditta Zanichelli).

Esposizione della teoria degli elettroni.

191. Idem, *seconda edizione con numerose aggiunte*, p. V. pag. 165.

Seconda edizione del libro precedente.

192. Il radio (nelle « *Attualità Scientifiche* » della ditta Zanichelli; pag. 68, con 13 figure e 3 tavole).

Conferenza alla Associazione Elettrotecnica.

193. Sulla radioattività dei metalli usuali.

L'autore adopera anidride carbonica frequentemente rinnovata nello apparecchio di misura, onde avere un gas con costanti proprietà. Riconosce in certi metalli una lieve radioattività.

194. Esperienze dimostrative sulla radioattività.

Apparecchi dimostrativi, ed elettrometri di straordinaria sensibilità adatti per la radioattività. Con uno di questi si ha uno spostamento di due millimetri al secondo per opera di 15 millegrammi di radio lontano quattro metri dall'istrumento.

195. Di alcuni fenomeni osservati nell'aria ionizzata da corpi radioattivi.

È descritto un nuovo elettrometro, col quale le misure si fanno contando le battute d'una foglia oscillante. Si dimostra la necessità di tener conto della direzione del moto dei raggi ionizzatori rispetto ai corpi elettrizzati.

196. Modern theory of physical phenomén. — *Traduzione inglese sulla II edizione italiana.*

Traduzione inglese del libro n. 190

1905197. Die moderne Theorie der physicalischen Erscheinungen. — *Traduzione tedesca sulla II edizione italiana.*

Traduzione tedesca del libro n. 190.

198. Il moto dei ioni nelle scariche elettriche. — *Seconda edizione ampliata.*

Seconda edizione del libro n. 183.

199. Sull'elettrizzazione prodotta dai raggi del radio.

La carica è negativa se il numero di elettroni presi da un corpo dai raggi β , che lo traversano, è maggiore del numero di quelli che costituiscono i raggi β secondari. Si verifica il fatto anche pei dielettrici.

200. Sulle cariche elettriche acquistate dai corpi colpiti dai raggi del radio.

Memoria sull'argomento della Nota precedente. È dimostrato che l'emissione di raggi secondari cresce insieme al peso atomico.

201. Sulla diminuzione di resistenza prodotta nei cattivi conduttori dai raggi del radio.

È dimostrato l'aumento di conducibilità elettrica nei liquidi per effetto dei raggi β del radio.

202. L'augmentation de conducibilité des diélectriques sous l'action des rayons du radium.

Traduzione francese della Memoria precedente, fatta pel Congresso di Liegi 1905.

203. L'électrisation des corps exposés aux rayons du radium.

Traduzione francese della Memoria n. 200, fatta pel Congresso di Liegi 1905.

204. Die Erhöhung der Leitfähigkeit der Dielektrika unter der Einwirkung von Radiumstrahlen.

Traduzione tedesca della Memoria n. 201, del 1905.

205. La telegrafia senza filo. — *Seconda edizione.*

Edizione nuova molto ampliata del libro n. 184.

206. Il moto dei ioni nelle scariche elettriche. — *Seconda edizione ampliata.*

Vedi al n. 183.

207. Die Elektrisierung von Radiumstrahlen ausgesetzten Körpern.

Traduzione tedesca della Memoria n. 200.

1906

208. Ueber des Erhöhung der Leitfähigkeit fester Dielektrika unter der Einwirkung von Radiumstrahlen.

Vedi al n. 204.

209. La théorie moderne des phénomènes physiques.

Traduzione francese del libro n. 190.

210. Sulla massa elettromagnetica dell'elettrone.

È calcolata la massa apparente pel caso del moto rettilineo ed uniforme, sia attribuendo all'elettrone la forma sferica, sia ricorrendo ad altra ipotesi più verosimile.

211. Di alcune non recenti esperienze considerate dal punto di vista della teoria elettronica.

Lavoro critico per mostrare le relazioni fra antiche ricerche dell'autore e le teorie moderne.

212. Sur quelques expériences connues considérées au point de vue de la théorie des électrons.

Traduzione francese della precedente Memoria.

213. Su alcuni casi apparentemente paradossali di trasmissione dell'elettricità attraverso un gas.

Si tratta di quei casi, trovati dall'Autore, in cui sembra facilitarsi la scarica allontanando gli elettrodi uno dall'altro. Se ne dà ragione colla teoria degli elettroni.

1907

214. La moderna teoria dei fenomeni fisici. — *Terza edizione considerevolmente ampliata.*

Fra le altre aggiunte si ha quella d'un capitolo dedicato alle trasformazioni atomiche, contenente quanto è noto su tale argomento alla data della pubblicazione.

215. Les transformations atomiques des corps radioactifs.

Sunto francese del nuovo capitolo del libro precedente.

216. Die Telegraphie ohne Draht. — *Seconda edizione tedesca sulla seconda edizione italiana.*

Veggasi al n. 188.

217. Sulla deviazione elettrostatica dei raggi catodici nel tubo di Braun.

Con varie disposizioni sperimentali si ottiene la deviazione anche senza cariche estranee. Di più la deviazione è in certi casi lenta a formarsi o sparire, oscillante anziché permanente ecc.

Finito di stampare
il dì XXIV Maggio MCMVII
nella Tipografia di Paolo Neri
in Bologna.